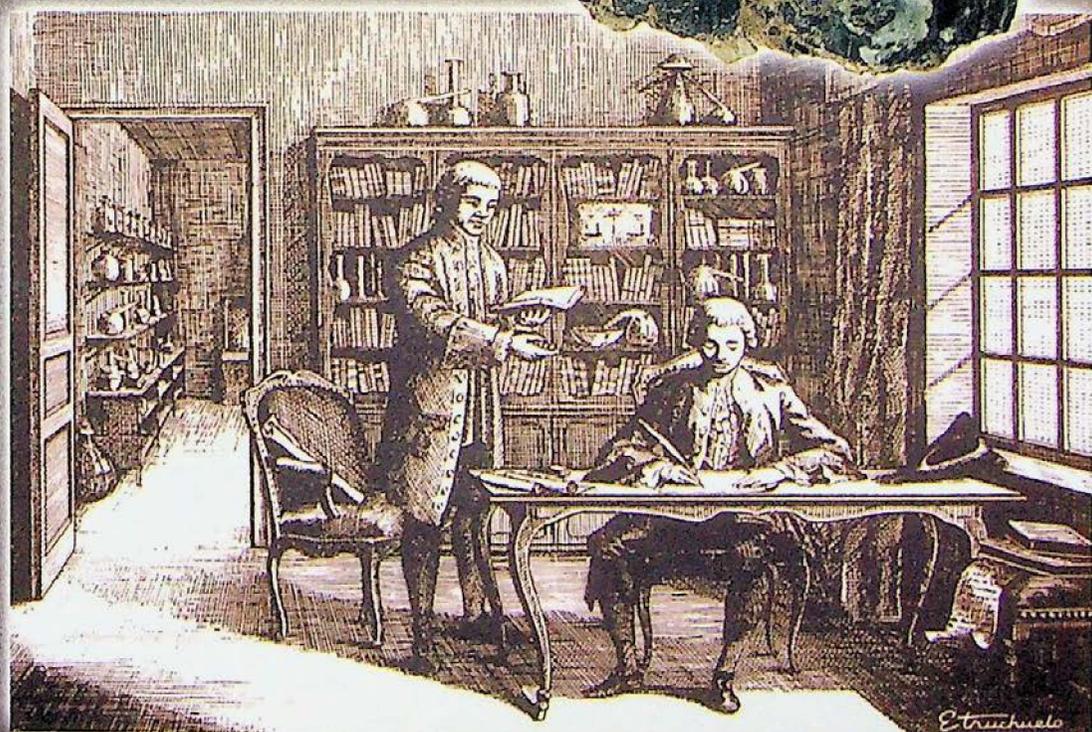


# Pascual Román Polo

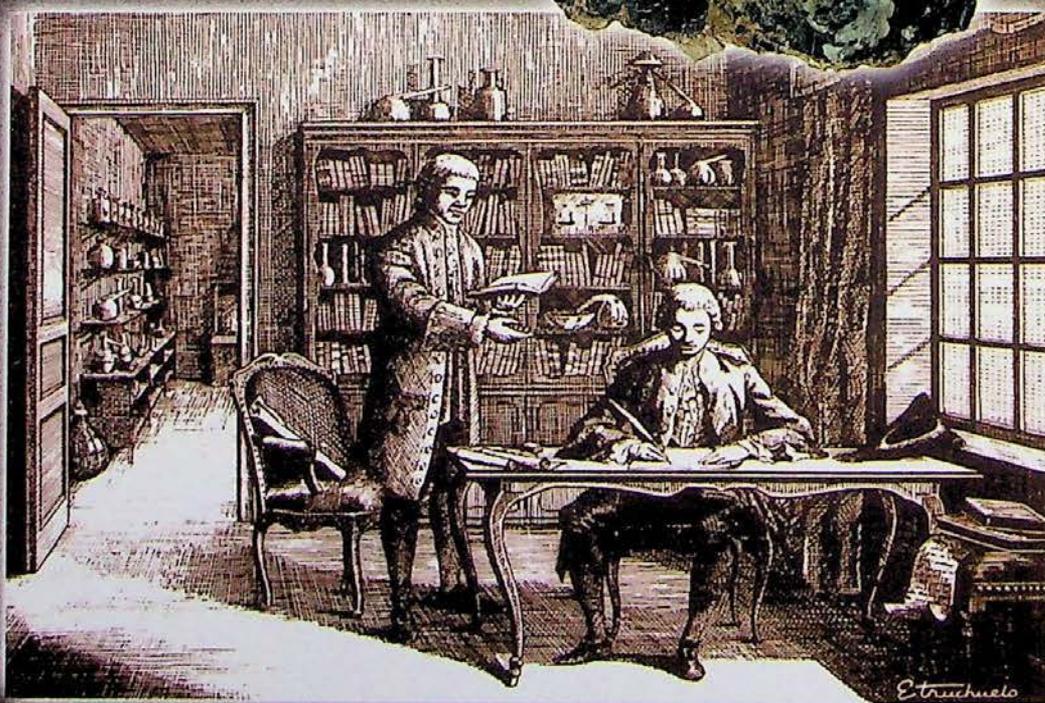
## Los hermanos Delhuyar, la Bascongada y el Wolframio



Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País  
Euskalerrriaren Adiskideen Elkarte

# Pascual Román Polo

## Los hermanos Delhuyar, la Bascongada y el Wolframio



**P**ascual Román Polo (Tauste, Zaragoza, 1947) se licenció en Ciencias Químicas (1971) por la Universidad de Zaragoza y se doctoró en la Universidad de Bilbao (1976). En la actualidad es catedrático de Química Inorgánica en el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias (Campus de Leioa) y director del Colegio Mayor Miguel de Unamuno de la Universidad del País Vasco. Es autor de más de un centenar de publicaciones en el área de la química de los polioxometalatos y los compuestos de coordinación. Ha dedicado una parte importante de su investigación a la historia de la Bascongada, el aislamiento del wolframio y los hermanos Delhuyar —entre sus trabajos destaca *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, Ciencia y Tecnología en Bergara (1777-1783)* en colaboración con Inés Pellón—. Es Amigo de Número (1992) de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y desde 1997 es presidente de la Comisión de Bizkaia.

Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País  
Euskalerraren Adiskideen Elkarte

**LOS HERMANOS DELHUYAR,  
LA BASCONGADA  
Y EL WOLFRAMIO**

Pascual Román Polo

**LOS HERMANOS DELHUYAR,  
LA BASCONGADA  
Y EL WOLFRAMIO**

Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País

Euskalerraren Adiskideen Elkartea

EDITADO POR LA REAL SOCIEDAD BASCONGADA DE LOS AMIGOS DEL PAÍS



CON LA COLABORACIÓN DE  
DEPARTAMENTO DE CULTURA DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA  
DEPARTAMENTO DE CULTURA DEL GOBIERNO VASCO



PATROCINIO DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA



© Pascual Román Polo, 2000.

© Edición	Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Comisión de Bizkaia.
Título de la obra	Los hermanos Delhuyar, la Bascongada y el Wolframio.
Autor	Pascual Román Polo.
Ilustración de portada	Laborde Werlinden, M., <i>Láminas sobre actividades de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en el desarrollo de la técnica industrial minero-metalúrgica durante el siglo XVIII</i> . Autor de la lámina: Truchuelo, E.
Diseño y maquetación	Fernando Caballero.
ISBN	84-89689-12-1
Depósito legal	S.S. 839/2000
Impresión	Itxaropena, S. A.

*A Rafael Barbier Iturmendi y Adrián Celaya Ibarra,  
caballeros bascongados, amigos y maestros.*



# ÍNDICE

Presentación <i>Pascual Román Polo</i> .....	9
Agradecimientos .....	11
Reseña del libro <i>La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, Ciencia y Tecnología en Bergara (1777-1783)</i> <i>Pascual Román Polo</i> .....	13
Influencia científica de Torbern Olof Bergman en Juan José D'Elhuyar <i>Pascual Román Polo</i> .....	19
Comentario sobre los Apuntes de Juan José D'Elhuyar tomados del profesor Torbern Olof Bergman en 1782 durante su estancia en la Universidad de Upsala (Suecia) <i>Pascual Román Polo</i> .....	47
Juan José D'Elhuyar: espía y sabio <i>Pascual Román Polo</i> .....	117
Ciencia, tecnología y espionaje en la Bascongada <i>Inés Pellón González y Pascual Román Polo</i> .....	139
¿Tungsteno, volframio, wólfam o wolframio? <i>Pascual Román Polo</i> .....	171
Comentario sobre el trabajo original de los hermanos Delhuyar en el que dan cuenta del aislamiento del wolframio <i>Pascual Román Polo</i> .....	191
Reproducción facsímil del trabajo original de los hermanos Delhuyar <i>Juan José Delhuyar Lubice y Fausto Delhuyar Lubice</i> .....	211



## PRESENTACIÓN

La presente obra tiene por finalidad acercar al lector a una institución —la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País— y a dos ilustres científicos y Socios Literatos de la Bascongada: los hermanos Delhuyar, que colaboraron en el aislamiento de un nuevo metal difícil de separar —el wolframio—, lo que constituyó una de las gestas más impactantes en los ambientes científicos de la Europa del último tercio del siglo XVIII.

No se ha valorado suficientemente la proeza científica del aislamiento del wolframio, que se realizó en Bergara en el verano de 1783 por dos jóvenes investigadores: Fausto y Juan José Delhuyar, de tan sólo 28 y 29 años de edad. Gracias a la iniciativa de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, se creó en la villa de Bergara un centro de investigación sin precedentes en los reinos de Carlos III —el Real Seminario Patriótico Bascongado— que podía equipararse a los más avanzados de la Europa ilustrada.

El wolframio es un metal que, debido a sus propiedades físicas y químicas, no era fácil de separar de sus menas con los medios tecnológicos de la época. Torbern Olof Bergman y Carl Wilhelm Scheele, ilustres científicos suecos, ya lo habían intentado con anterioridad en la Universidad de Upsala y sólo habían conseguido obtener la cal metálica, es decir, el trióxido de wolframio,  $WO_3$ , partiendo del mineral scheelita ( $CaWO_3$ ). De ahí, que reclamasen el nombre de tungsteno para designar al nuevo metal. Sin embargo, el honor de obtenerlo en estado puro estaba reservado a uno de los alumnos más preclaros del profesor Bergman: Juan José Delhuyar, quien junto con su hermano Fausto, logró su separación en las instalaciones del *Laboratorium Chemicum* asociado al Real Seminario Patriótico Bascongado, la gran obra científica de la Bascongada. Al nuevo metal lo llamaron wolframio o volframio.

El trabajo original donde se da cuenta por vez primera del aislamiento del wolframio y se analiza minuciosamente el mineral wolframita,  $(Fe, Mn)WO_4$ , se titula: «Análisis químico del volfram, y exámen de un nuevo metal, que entra en su composición». Fue presentado por Juan José y Fausto Delhuyar en las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en Vitoria el 28 de septiembre de 1783 y apareció publicado en los *Extractos de las Juntas Generales de la Bascongada* en la sección

correspondiente a las Comisiones Segundas de Ciencias y Artes útiles con el número I y estaba incluido entre las páginas 46 y 88.

A mediados del año 2000 se conocen 115 elementos químicos, y de ellos, tan sólo uno —el wolframio— se ha podido aislar en la península Ibérica. Debido a la gran dificultad de encontrar nuevos elementos superpesados, en la actualidad es impensable que en nuestros centros de investigación se descubra un nuevo elemento químico. De ahí que la contribución de la Bascongada y los hermanos Delhuyar sea una aportación singular al patrimonio científico de la humanidad.

En la portada se muestra un grabado de Truchuelo, recopilado por Manuel Laborde Werlinden, en el que los hermanos Delhuyar están en proceso de redacción del trabajo original donde describen por vez primera la obtención del wolframio. Se encuentran en su despacho del *Laboratorium Chemicum* del Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara. En la estantería del fondo se hallan los libros de su biblioteca y desde aquí se accede al laboratorio químico del que se adivina el almacén. El mineral representado en la parte superior derecha de la portada es una wolframita —del que procede el metal wolframio— con cuarzo y pirita como ganga.

La obra recoge varios artículos publicados en revistas científicas y conferencias dictadas por el autor —sólo o en colaboración— sobre los hermanos Delhuyar, la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y el aislamiento del wolframio. Al final del libro se incluye la reproducción facsímil del artículo original de los hermanos Delhuyar, tal vez, uno de los mejores artículos científicos de todos los tiempos escrito en lengua española, donde sus autores describen con todo lujo de detalles el aislamiento del nuevo metal.

*Pascual Román Polo*  
*Presidente de la Comisión de Bizkaia de la RSBAP*

## AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar su más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado en la publicación de esta obra. De manera muy especial, a Inés Pellón González, por su valiosa colaboración en la publicación de la obra *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, Ciencia y Tecnología en Bergara (1777-1783)* y en uno de los artículos que aquí aparecen, y a Fernando Caballero Santamaría, autor de la portada y del trabajo de maquetación.

Este proyecto fue apoyado por algunas instituciones a quienes agradezco sinceramente su inestimable colaboración. En primer lugar, debo mencionar al Ministerio de Educación y Cultura, al Departamento de Cultura del Gobierno Vasco y al Departamento de Cultura de la Diputación Foral de Bizkaia por su generosa ayuda para difundir la obra de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (RSBAP). Del mismo modo, hay que destacar al Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, que facilitó nuestro trabajo y resolvió todas las dificultades técnicas que surgieron en la edición de la obra.

A las personas que están detrás de las referidas instituciones y que hacen posible de una manera más eficaz nuestro trabajo.

No quisiera olvidar a los amigos de la Bascongada que me animaron y me dieron su calor y estímulo en mi empeño para que este libro vea la luz.

A unos y otros, en nombre de la Comisión de Bizkaia de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, mi más sincero agradecimiento y reconocimiento.

*Pascual Román Polo  
Presidente de la Comisión de Bizkaia de la RSBAP  
Bilbao, 13 de junio de 2000*



## RESEÑA DEL LIBRO

# LA BASCONGADA Y EL MINISTERIO DE MARINA. ESPIONAJE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN BERGARA (1777-1783)

Pascual Román Polo

*Reseña publicada en los Anales de la Real Sociedad Española de Química, 1999, 95 (3), 58 – 59. Corregida y aumentada.*

El día 9 de julio de 1999 se presentó en el salón de plenos del Ayuntamiento de Bergara el libro *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, Ciencia y Tecnología en Bergara (1777-1783)*. Los autores, Inés Pellón González y Pascual Román Polo, doctores en Ciencias Químicas y profesores de la Universidad del País Vasco, recogen en la obra más de dos centenares de documentos procedentes, la mayor parte de ellos, del legajo 718 de Marina del Archivo General de Simancas, junto con otros documentos del Archivo del Territorio Histórico de Álava y del Archivo Municipal de Bergara. En ellos, se muestra la transcripción fiel y ordenada de las relaciones que mantuvieron durante los años 1777-1783 los responsables de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País con las máximas autoridades de los Ministerios de Marina e Indias para desarrollar un plan de espionaje militar e industrial.

El libro ha sido editado por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País —Comisión de Bizkaia, Bilbao, 1999, ISBN 84-89689-07-5, 16 x 23 cm, 352 páginas, 2.500 pesetas—.

Los autores han acometido la empresa de presentar en un mismo volumen un trabajo que sirva tanto a historiadores de la ciencia como a investigadores y a lectores interesados en la historia de nuestro país. El texto lleva al lector a sumergirse en los acontecimientos e intrigas que tuvieron lugar en siete intensos años del último tercio del siglo XVIII. La decadencia del poderío militar español y las ideas renovadoras de la Ilustración que, de la mano de la nobleza, pugnaban por hacerse un hueco en la sociedad española dan lugar a la trama que se recoge en las 352 páginas del libro. En ellas tienen cabida aspectos científicos, tramas e intrigas palaciegas, política exterior de los Borbones y espionaje industrial con fines bélicos. Por vez primera, la Corona emplea a una sociedad civil —la Bascongada— como tapadera para desarrollar el programa de espionaje, a la par que esta Sociedad de Amigos del País encuentra una forma de financiar altos fines en beneficio del desarrollo científico, tecnológico, económico y social del País Vasco con la creación del Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara, la fundación de la Real Escuela Metalúrgica de Bergara y del *Laboratorium Chemicum*, la dotación de las primeras cátedras de Química y Metalurgia, y Mineralogía y Ciencias Subterráneas, la financiación de alumnos becarios para su conversión en profesores y la contratación de profesorado extranjero de gran prestigio; en definitiva, un moderno plan de innovación científica y tecnológica sin precedentes en España con el fin de ser aplicado en beneficio del desarrollo del País Vasco, de las demás provincias españolas y de las colonias de ultramar.

El libro lo componen 199 cartas epistolares, borradores de cartas, informes e instrucciones para los espías agrupados por años (1777-1783) y las dos últimas cartas del año 1805, haciendo un total de 201 documentos. En ellas se presenta la correspondencia mantenida entre miembros de la Bascongada y los Ministerios de Marina e Indias. De entre ellos hay que destacar al Conde de Peñafiorida y al Marqués de Narros de una parte, y al Marqués González de Castejón en representación del Ministerio de Marina.

Los autores confeccionan una obra para deleite de los lectores y consiguen que éstos sean cómplices y confidentes de la red de espionaje que van tejiendo los protagonistas de la historia. Los documentos van desvelando dos tramas superpuestas: la primera, la red de espionaje con su central de inteligencia en Bergara, cuyos hilos mueven con increíble soltura el Conde de Peñafiorida y el Marqués de Narros; y la segunda, la

creación de un centro tecnológico a semejanza de los más avanzados de Europa, y se toma como modelo la Escuela Metalúrgica de Freiberg en Sajonia. Hacia ella se dirigirán el espía científico: Juan José Delhuyar, pensionado por el Rey Carlos III, y su hermano Fausto, becado por la Bascongada con el fin de formarse como catedrático de Mineralogía y Ciencias Subterráneas.

La obra arranca con un documento sin datar que corresponde al borrador de la carta secreta que por orden del Rey Carlos III envía el Ministro de Marina, el tudelano Marqués González de Castejón, a su amigo y fiel colaborador el capitán de navío, el bilbaíno José Domingo de Mazarredo, para que le ayude a buscar dos espías vizcaínos con el fin de introducirlos en las fábricas de cañones para la marina de Carron en Escocia, ya que los cañones fabricados en Liérganes y La Cavada son de baja calidad. Al final del texto se puede leer *«Está leída al Rey, de cuya orden la hice, y la aprobó S. M.»*

Tras un cuidadoso estudio por parte de Mazarredo, éste contesta en febrero de 1777 (Documento 2) al Ministro de Marina e introduce a la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y a su Director el Conde de Peñaflores, residente en Bergara, y le propone un plan para poner en marcha los estudios de Mineralogía y Metalurgia proyectados para el Real Seminario Patriótico de Bergara, costeando las cátedras por cuenta del Rey durante diez años. El plan está esbozado en estos dos primeros documentos.

En el tercer documento los responsables de la Bascongada se ponen manos a la obra. Se desestima a un candidato a espía: *«por la invencible cobardía y pusilanimidad que hemos hallado en este mozo, como por la delicadeza de su temperamento.»* Los documentos nos avanzan los nombres de otros candidatos a espías y profesores de la Real Escuela Metalúrgica de Bergara. Los informes confidenciales llegan a Bergara de los Amigos de la Bascongada que se hallan en Londres, Dresde y París. De entre los socios de la Bascongada, destaca por su capacidad científica y juventud —23 años— el espía científico pensionado por el Rey, Juan José Delhuyar. El Conde de Peñaflores y el Marqués de Narros consiguen su colaboración por un salario bajo: 20 reales de vellón diarios. En carta de 12 de octubre de 1777 enviada al Ministro de Marina le informan: *«Él ha entrado muy gustoso, sujetándose a las instrucciones que le queramos dar, y contentándose con la asignación de veinte reales diarios.»* (Documento 24).

Un mes antes, los Directores de la Bascongada, ya han conseguido del Rey la creación de las cátedras de Química y Metalurgia, y Mineralogía y Ciencias Subterráneas y las dotaciones anuales con sueldos de 15.000 reales de vellón para cada catedrático; 6.000 para el laboratorio químico y 3.000 reales de vellón para un gabinete y depósito de minerales (Documento 17).

La operación se formaliza el 15 de septiembre de 1777 con la dotación de dos cátedras: una de Química y Metalurgia —que ocupa Joseph Louis Proust— y otra de Mineralogía y Ciencias Subterráneas —que será desempeñada por Fausto Delhuyar, tras un periodo de formación de más de tres años—. La asignación anual para las dos cátedras, el laboratorio químico y el gabinete y depósito de minerales supone una cantidad total de 39.000 reales de vellón. A esta partida hay que sumar las pensiones de los dos espías que inicialmente ascienden a 7.500 reales de vellón cada una. O sea, que la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País recibía de la Real Beneficencia un total anual de 54.000 reales de vellón. Esta generosa dotación real desgraciadamente tarda en ser percibida en Bergara como lo demuestran los retrasos que el Conde de Peñafloreda y el Marqués de Narros se encargan en recordar al Ministro de Marina en varias cartas (Documentos 91, 100, 105 y 107). Esta asignación puede estimarse hoy en día de una manera muy aproximada en unos 60 millones de pesetas anuales, tomando un valor de 1.100 pesetas por real de vellón. En el periodo 1777–1783, la Bascongada recibe del Ministerio de Marina 281.670 reales de vellón, que traducidos a pesetas actuales equivaldrían a unos 310 millones.

El proyecto de contratar dos espías vizcaínos, finalmente se materializa contratando a un navarro, Ignacio de Montalbo —al que le cambian el nombre por el de José Martínez—, el espía práctico, y un riojano de origen vasco-francés, Juan José Delhuyar, el espía científico. Se dotan dos pensiones reales para los dos espías que comienzan su andadura en abril de 1778. En la instrucción secreta que lleva Juan José (Documento 49) que se compone de 13 cláusulas, es conveniente recordar la 10ª y 11ª, porque definen a la perfección su cometido. La número 10 aclara el objetivo final de su misión y su carácter incuestionable de espía: *«Desde Suecia pensará en introducirse por último escalón en las fábricas de Carron en Escocia; y a fin de ser admitido en ella[s] con menor recelo, se dirá alemán y del oficio, por cuya razón deberá imponerse bien en la lengua alemana mientras permanezca en Alemania.»*; y la número 11 refiere el uso del euskera para pasar mensajes cifrados y evitar que caiga la información en manos del enemigo: *«Cuando determine ir a Escocia, quedará de inteligencia con algún sujeto de confianza de París, a fin de mantener correspondencia por su medio con los comisionados del Excmo. Ministro de Marina. El dicho corresponsal estará prevenido, de que las cartas que reciba con cubierta alemana para un sujeto supuesto residente en París, deberá dirigirlas a España a V. E., y por si se interceptan las cartas, entre un contexto indiferente en lengua alemana, sembrará con / (fol. 3r) disimulo dicciones bascongadas, que juntándolas expresen lo que quiera comunicar a los comisionados.»*

Fausto Delhuyar, hermano de Juan José, fue pensionado de la Bascongada para formarse como catedrático de Mineralogía y acompañó a su hermano a Freiberg para estudiar en su Instituto Metalúrgico (Documentos 50, 51 y 90). Regresó para ocupar su cátedra el 8 de octubre de 1781 y el 5 de noviembre impartió la primera clase de Mineralogía en Bergara (Documentos 134, 136 y 137). Desde su salida en abril de 1778 había permanecido fuera de España tres años y medio. Su hermano Juan José continuaría sólo su misión de espionaje casi dos años más llegando a la Universidad de Upsala (Suecia).

A finales del siglo XX, se han impuesto en nuestra sociedad normas muy estrictas para establecer controles de calidad en los productos fabricados. El concepto de calidad parece asociado al final de nuestro siglo. Sin embargo, este concepto ya lo manejaban los Amigos de la Bascongada en Bergara en noviembre de 1782, gracias a los informes que envía desde París el espía Juan José Delhuyar (Documento 159). En él aparece en varias ocasiones el concepto de calidad referido a la fabricación de cañones cuando escribe: *«debo decir a V. SS. que no era mi intento el hacerles una relación exacta de los trabajos, sino en dar a entender el fruto que esperaba sacar del examen de una fábrica, en que de muchos años a esta parte no pasan de tres los cañones que han salido malos; pero ya que V. SS. desean saberlo con alguna individualidad voy a satisfacer su curiosidad.»*

*«La prueba que indiqué a V. SS. sirve únicamente para descubrir algún defecto casual que puedan tener los cañones, porque por el grande cuidado que tienen los directores en la fundición, están seguros de sacar siempre un producto de la misma calidad; y que sobre esto no tienen que hacer nuevas pruebas, habiéndose asegurado con los primeros cañones que se vaciaron.»*

*«El probar con rigor cada cañón habiendo seguridad en la calidad del metal es un método muy perjudicial, porque no se hace sino debilitarlos y ponerlos en estado de que, habiendo aguantado una prueba fuerte, no puedan resistir después a la larga ordinaria, y sólo debiera practicarse con cañones de fábricas extranjeras o de particulares en quienes no siempre puede tenerse confianza.»*

*«Los cañones que se vacían sin alma en Suecia y en [la] Noruega, y éste es hoy en [el] día el método general de [la] Europa. En aquéllas no hace sino diez años que está en uso, por no haberse conocido antes las máquinas para forar, pero todos aseguran que lleva una ventaja de ciento por ciento de beneficio al de vaciar con alma, por ser incomparablemente menor el número de las piezas que salen defectuosas.»*

La operación de espionaje concluye a principios de 1783 sin lograr los objetivos propuestos. El Ministro de Marina molesto por los escasos informes que le proporcionan los espías sobre el procedimiento que utilizan los ingleses para la fabricación de los cañones en Carron —el método de

vaciado en hueco o con alma— y, además, al conocer que Juan José Delhuyar se inclina por el método de fabricación sueca de cañones —el de vaciado en sólido o sin alma— junto con la firma de la paz con los ingleses decide suspender la operación unilateralmente en febrero de 1783 (Documento 166), ordenando el inmediato regreso a España de los dos espías y que la Bascongada los emplee donde mejor pueda convenirle. Por ello, el Conde de Peñafiorida recurre en un largo alegato al Ministro de Marina (Documento 169) que ya no lo recibe a causa de su muerte ocurrida el 19 de marzo de 1783 dejando una situación muy desfavorable para los dos espías. Las quejas del Conde de Peñafiorida son atendidas por el Ministro de Estado, Conde de Floridablanca, y más tarde por el sucesor en el Ministerio de Marina, Antonio Valdés y Bazán. Los dos espías son asignados al Ministerio de Indias. Sin embargo, antes de partir a su nuevo destino como Director General de la Minería del Reino de Nueva Granada (hoy Colombia), Juan José Delhuyar consigue aislar el wolframio ese mismo año en Bergara con la colaboración de su hermano Fausto gracias a la extraordinaria formación científica y técnica alcanzada en sus viajes por Europa.

# INFLUENCIA CIENTÍFICA DE TORBERN OLOF BERGMAN EN JUAN JOSÉ D'ELHUYAR\*

Pascual Román Polo

*Conferencia pronunciada en el V Seminario de Historia de la RSBAP  
«La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y Europa»  
en Donostia-San Sebastián el día 25 de octubre de 1996  
y publicada en las Actas del V Seminario de Historia de la RSBAP,  
Editorial Eurolex, S. L., Madrid, 1999, págs. 641–671.  
Corregida y revisada.*

## Introducción

La influencia científica de Torbern Olof Bergman (1735–1784) en Juan José D'Elhuyar (1754–1796) se tradujo en uno de los mayores éxitos científico-técnicos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (RSBAP) obtenido en sus propios laboratorios del Laboratorium Chemicum anexo al Real Seminario Patriótico de Bergara. Sin la aportación científica de Bergman es muy difícil comprender como los hermanos D'Elhuyar pudieron aislar el wolframio en 1783.

Durante muchos años, se mantuvo la idea de que los dos hermanos D'Elhuyar visitaron al sabio sueco en Upsala y, en algunos casos, incluso se sostuvo que sólo le visitó Fausto D'Elhuyar (1755–1833). Sin embargo,

---

\* El apellido Delhuyar se puede escribir de más de 25 formas diferentes, siendo ésta la más frecuente en la actualidad. También es habitual reflejarlo como: D'Elhuyar, d'Elhuyar, de Elhuyar o Elhuyar.

desde hace cuatro décadas, gracias a las aportaciones de Caycedo, Fredga, Martínez, Palacios, Román, Rydén, Silván, Schufle, Weeks y Whitaker, se ha demostrado que únicamente Juan José mantuvo una relación de discípulo-profesor. No obstante, Fausto D'Elhuyar se relacionó con Bergman, al menos, en dos ocasiones a través de la correspondencia epistolar.

Bergman y Juan José D'Elhuyar establecieron una profunda relación de sabios, amantes de la investigación y el progreso de la ciencia. Durante el tiempo que Juan José pasó al lado de Bergman, desde febrero hasta junio de 1782, siguió un curso de Química Avanzada que recogió en sus «Apuntes hechos por Dn. Juan Josef D'Elhuyar en el curso de Química particular que siguió en el año de 1782 en la Unibersidad de Upsala en Suecia con el profesor Mr. Bergman sobre los nuebos descubrimientos en dicha Ciencia». Este documento de extraordinario interés científico se encuentra en la Biblioteca Nacional de Bogotá (Colombia). Además existe otro documento de gran valor histórico, que permite apreciar la relación científica y humana que mantuvieron Bergman y su discípulo Juan José, se trata del borrador de la carta que éste dirigió a Bergman desde Cartagena de Indias el 3 de noviembre de 1784 en contestación a la remitida por el químico sueco el 18 de marzo de 1784.

En la memoria se refieren las influencias científicas que modelaron el genio investigador de Juan José D'Elhuyar tanto las de carácter personal como institucional. De entre ellas, hay que destacar la relación científica sostenida con el químico sueco Torbern Olof Bergman.

Este trabajo pretende rendir un sentido homenaje a dos de los más grandes científicos europeos del siglo XVIII, al sueco Torbern Olof Bergman y al español Juan José D'Elhuyar con ocasión del segundo centenario de la muerte de Juan José ocurrida en Santa Fe de Bogotá (Colombia) el 20 de septiembre de 1796.

En la Tabla 1, se recogen los datos biográficos e históricos más sobresalientes ocurridos en el período comprendido entre el año del nacimiento del padre de Juan José D'Elhuyar (1718) y el año del fallecimiento de Juan José (1796).

## **Influencia científica de Juan D'Elhuyar en su hijo Juan José**

Juan D'Elhuyar Surrut nació en Hasparren (Francia) en 1718 y obtuvo el título de cirujano latino en 1745 gracias al apoyo económico de sus padres y de su pariente Juan Txoribit, quien le hace un préstamo que le permitirá cursar su carrera de Cirugía y Medicina en París .

El 9 de noviembre de 1746, Juan D'Elhuyar contrajo matrimonio con Ursula Lubice Sarrasti en San Juan de Luz, en donde residieron unos años. En 1751, Juan y Ursula deciden emigrar a Bilbao, donde Juan D'Elhuyar ejerce como cirujano; aquí permanecieron hasta comienzos del año 1753. En esa fecha se trasladan a Logroño, donde Juan ocupa la plaza vacante de cirujano del Hospital de Logroño. Las negociaciones con las autoridades de Logroño casi tardaron un año hasta que Juan D'Elhuyar aceptó «300 ducados de vellón en cada año con la obligación de asistir al Ospital y pobres de solemnidad». La familia D'Elhuyar llegó a Logroño el 3 de febrero de 1753.

Juan José D'Elhuyar nació en Logroño el 15 de junio de 1754. Un año más tarde, vino al mundo su hermano Fausto Fermín, el 11 de octubre de 1755; su hermana María Lorenza nació el 8 de agosto de 1757. Los hermanos D'Elhuyar quedaron huérfanos al fallecer su madre muy joven el 2 de julio de 1758, dejando tres hijos de corta edad y una situación económica familiar difícil.

Juan D'Elhuyar sacó adelante a su familia con la ayuda de Dominica Elizagaray a quien desposó el 18 de junio de 1769, casi once años después de enviudar. Dominica entró al servicio de Juan D'Elhuyar en 1761 y colaboró con él en el negocio de alcoholes fundado por Juan D'Elhuyar, además de ocuparse de la casa y de la atención y cuidado de los niños. Dominica debía ser una mujer dispuesta y laboriosa que se ocupó de la industria de alcoholes y de la gestión del negocio, facilitando el trabajo de cirujano a Juan D'Elhuyar y aumentando los ingresos familiares.

Gracias a estos sustanciosos ingresos, Juan D'Elhuyar pudo dar a sus hijos una esmerada educación en Logroño y Oyón y más tarde envió a sus hijos varones a estudiar Cirugía y Química a París y soportar el elevado coste de su estancia y educación. Además, costeó los estudios de Angel Díaz Castellanos en París, quien, más tarde, desposaría a María Lorenza.

Tabla 1.

---

**Principales datos biográficos e históricos en el período 1718–1796**

- 1718 • Juan D'Elhuyar Surrut (padre de Juan José) nace en Hasparren (Francia).
- 1729 • Xavier María de Munibe e Idiáquez, octavo Conde de Peñafiorida, nace en Azkoitia el 23 de octubre.
- 1735 • Torbern Olof Bergman nace en Katrineberg (Suecia) el 9 de marzo.
- 1745 • Juan D'Elhuyar Surrut es ya cirujano latino.
- 1746 • Juan D'Elhuyar Surrut y Ursula Lubice Sarrasti contraen matrimonio en San Juan de Luz el 9 de noviembre.
- 1751 • Juan D'Elhuyar Surrut y Ursula Lubice Sarrasti emigran a Bilbao.
- 1753 • Juan D'Elhuyar Surrut y Ursula Lubice Sarrasti se trasladan a Logroño.
- 1754 • Juan José D'Elhuyar Lubice nace en Logroño el 15 de Junio.
- 1755 • Fausto Fermín D'Elhuyar Lubice nace en Logroño el 11 de octubre.
- 1757 • María Lorenza D'Elhuyar Lubice nace en Logroño el 8 de agosto.
- 1758 • Ursula Lubice Sarrasti fallece en Logroño el 2 de julio.
- 1761 • Torbern Olof Bergman es nombrado profesor asociado de Matemáticas en la Universidad de Upsala.
- 1764 • Xabier María de Munibe e Idiáquez, octavo conde de Peñafiorida, junto con los *caballeritos de Azkoitia* funda la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País el 24 de diciembre.
- 1767 • Gustavo III, rey de Suecia, entonces príncipe heredero de la Corona, nombra a Bergman catedrático de Química en la Universidad de Upsala en sustitución de Wallerius.
- 1769 • Juan D'Elhuyar Surrut y Dominica Elizagaray contraen matrimonio en Logroño el 18 de junio.
- 1771 • Torbern Olof Bergman desposa a Catherine Trast.
- 1772–77 • Juan José y Fausto D'Elhuyar son enviados por su padre a estudiar a París.
- 1775 • Torbern Olof Bergman publica *Disquisitio de attractionibus electivis*, donde se recogen dos tablas con reacciones por vía húmeda y vía seca.

- 1777
- El 15 de septiembre se fundan las primeras Cátedras de Química y de Mineralogía y Metalurgia de España en Bergara a instancias de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.
  - Juan José y Fausto Delhuyar ingresan en la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.
- 1778
- Torbern Olof Bergman publica *De analysi aquarum*, es el primer tratado sobre el análisis de las aguas minerales.
  - Juan José Delhuyar es encargado de llevar a cabo una labor de espionaje en la fábrica de cañones de Carron (Escocia) debiendo disfrazar su cometido bajo un plan de formación científica en Europa pensionado por el Rey Carlos III.
- 1778
- Fausto D'Elhuyar es nombrado Catedrático de Mineralogía y Metalurgia de la Real Escuela Metalúrgica de Bergara debiendo acompañar a su hermano en el plan de formación científica por Europa pensionado por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.
- 1778–81
- Juan José y Fausto D'Elhuyar son enviados por la Bascongada a estudiar a la Escuela de Minas de Freiberg (Sajonia).
- 1779
- Torbern Olof Bergman publica *De tubo feruminatoria*, donde presenta una exhaustiva relación del equipamiento científico conocido en la época.
- 1780
- Torbern Olof Bergman publica *De minerarum docimasia humida*, donde describe sus procedimientos sobre el análisis cualitativo y cuantitativo de minerales por vía húmeda.
  - Torbern Olof Bergman publica *De praecipitatis metallicis*. En este tratado muestra una tabla de los pesos precipitados al reaccionar 100 partes en peso de diferentes metales con distintos reactivos.
- 1781
- Torbern Olof Bergman publica, en las Actas de abril-junio de la Real Academia Sueca de Ciencias, un comentario sobre el trabajo realizado por Scheele sobre los componentes de la «piedra pesada» titulado *Tillägging om Tungsten*, es decir, *Addenda sobre la Piedra Pesada*.
  - Juan José y Fausto D'Elhuyar recorren varios países de Europa visitando sus minas y fundiciones.
  - Fausto D'Elhuyar regresa a Bergara reclamado por la Bascongada y Juan José emprende viaje a Suecia en el mes de octubre.

- Juan José D'Elhuyar llega a Suecia en el mes de diciembre para seguir un curso de Química particular con el profesor Torbern Olof Bergman.
  - Peter Jacob Hjelm aísla el molibdeno siguiendo las instrucciones de su amigo Scheele, que a su vez había recibido la sugerencia de Bergman. Este sugirió a Scheele que el ácido molíbdico sería el óxido de un metal nuevo. Posiblemente, Hjelm aisló el molibdeno a finales de 1781.
- 1782
- Torbern Olof Bergman publica *Sciagraphia regni mineralis*. En él establece una clasificación de los elementos derivada de su composición química y avanza una nomenclatura parecida a la actual.
  - Juan José Delhuyar sigue un curso de Química particular con el profesor Torbern Olof Bergman en la Universidad de Upsala durante el primer semestre.
  - Juan José Delhuyar visita a Carl Wilhelm Scheele en Köping en el mes de junio una vez finalizado el curso con el profesor Bergman.
  - Juan José Delhuyar visita Noruega, Dinamarca y París.
  - Juan José Delhuyar es nombrado Socio Literato de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País el 2 de octubre.
- 1783
- Juan José y Fausto D'Elhuyar presentan el trabajo científico sobre el aislamiento del wolframio en las Juntas Generales de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País celebradas en Vitoria el 28 de septiembre 1783.
  - Fallece el Marqués González de Castejón, Ministro de Marina, el 19 de marzo.
  - Juan José D'Elhuyar es nombrado Director General de Minas de Nueva Granada (hoy Colombia) el 15 de diciembre.
  - Juan José D'Elhuyar se despide de su padre y se traslada a Cádiz para embarcar hacia Nueva Granada.
- 1784
- Fausto D'Elhuyar escribe una primera carta a Bergman, fechada en Bergara el 15 de enero, dándole noticias de la partida de Juan José hacia Nueva Granada y del aislamiento del wolframio .
  - Fausto D'Elhuyar escribe una segunda carta a Bergman agradeciéndole su carta en la que le solicita algunos libros y le informa sobre las propiedades químicas del wolframio y le dice

que no tiene noticias de su hermano Juan José. La carta está fechada en Bergara el 17 de junio.

- Torbern Olof Bergman publica *Meditationes de systemate fossilium naturali*, una propuesta de nomenclatura química en la que divide las sustancias inorgánicas en clases, géneros y especies.
  - Torbern Olof Bergman fallece en Medevi (Suecia) el 8 de julio.
  - Juan José D'Elhuyar se embarca hacia su nuevo destino en Nueva Granada el 18 de julio.
  - Juan D'Elhuyar Surrut fallece en Bayona el 15 de agosto.
  - Juan José D'Elhuyar escribe un borrador de una carta dirigida a Bergman dándole las gracias en respuesta a la carta enviada por su profesor desde Upsala el 18 de marzo. Juan José discute con Bergman sobre el nombre del nuevo metal y otras cuestiones de interés científico a la luz de la teoría del flogisto. El borrador de la carta está fechado en Cartagena de Indias el 3 de noviembre.
- 1785 • Xabier María de Munibe e Idiáquez, octavo conde de Peñaforida, fallece en Bergara el 13 de enero.
- 1788 • Juan José D'Elhuyar y Josefa Gaona de la Bastida y Lee de Flórez contraen matrimonio en Santa Fe de Bogotá el 1 de diciembre.
- 1791 • Nace Ursula Pascuala D'Elhuyar Gaona de la Bastida el 17 de mayo, primera hija de Juan José.
- 1793 • Nace José Luciano D'Elhuyar Gaona de la Bastida el 8 de enero, primer hijo de Juan José.
- 1794 • Nace Fausta D'Elhuyar Gaona de la Bastida el 11 de julio, segunda hija de Juan José.
- 1796 • Juan José D'Elhuyar fallece a los 42 años en Santa Fe de Bogotá (Colombia) el 20 de septiembre.
- 

La partida de los hermanos D'Elhuyar hacia París debe situarse a finales de 1772 o principios de 1773. En París, los hermanos D'Elhuyar siguieron cursos regulares de Ciencias Naturales, Cirugía, Física, Matemáticas, Medicina y Química en el Jardin du Roi. Asistieron a las clases de dos ilustres profesores: Hilaire Marin Rouelle y Jean D'Arcet de quienes aprendieron las ideas esenciales sobre el aislamiento de los metales y la acción del calor sobre los cuerpos. Concluyeron estos estudios a finales de 1777; hasta este año, los hermanos D'Elhuyar vivieron a expensas de su padre.

## Influencia científica de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en Juan José D'Elhuyar

Durante la estancia de Juan José y Fausto D'Elhuyar en París conocieron a Antonio de Munibe Areizaga, hijo del Conde de Peñafiorida, y a Francisco Xavier de Eguía y Corral, hijo del Marqués de Narros, respectivamente. Desde la fundación de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en 1764, el Conde de Peñafiorida era el Director de la Bascongada y el Marqués de Narros el Secretario Perpetuo de dicha Sociedad. En 1777, Juan D'Elhuyar se vinculó a la Real Sociedad Bascongada y sus hijos Juan José y Fausto fueron admitidos ese mismo año como socios de la Bascongada. El 1 de octubre de 1778, Fausto fue nombrado Catedrático de Mineralogía del Real Seminario Patriótico de Bergara.

En el catálogo general de individuos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (1765–1793) recopilado por Julián Martínez Ruiz como el mismo advierte, se observan muchas faltas que han sido respetadas íntegramente para no deformar su contenido. En la relación de Socios extranjeros europeos aparecen José D'Elhuyar, Fausto D'Elhuyar y Juan José D'Elhuyar. Los errores que se advierten son: a Juan se le atribuye el nombre de Juan José y figura como profesor de Cirugía en Logroño en el período 1777–1784 y su año de defunción es el de 1785, aunque falleció el 15 de agosto de 1784 en Bayona. Asimismo, Juan José aparece como José y como profesor en Freiberg y pensionado por el rey durante los períodos 1777–1778 y 1779–1780; en 1781 como Socio Literato y profesor en Freiberg y pensionado por el rey; en 1782 se le supone viajando. Por último, en el período 1783–1792 se le considera como Socio Literato y profesor de Mineralogía en Nueva Granada. Por otro lado, Fausto D'Elhuyar aparece en la relación de socios extranjeros europeos pensionado por la Sociedad y como profesor en Freiberg en el período 1777–1778; como profesor de Mineralogía de la Real Sociedad Bascongada en Freiberg durante los años 1779–1782 y en Bergara desde 1781 hasta 1784. Obsérvese que hay un solapamiento en los años 1781 y 1782. Más tarde, aparece como profesor «en países extranjeros» durante el período 1785–1787 y como profesor en México en el período 1788–1793. Produce gran extrañeza que se incluyan los nombres de Juan José y Fausto en esta relación de socios extranjeros europeos cuando, es bien sabido que, los hermanos nacieron en Logroño; a no ser que se les considerara extranjeros a propósito con algún fin desconocido.

Carlos III tomó bajo su protección a la Sociedad Bascongada de los Amigos del País en septiembre de 1770; a partir de entonces, se llamará Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.

El Gobierno español hacía mucho tiempo que había descuidado la fabricación de cañones para la flota y los importaba de las fábricas escocesas de Carron. El Marqués González de Castejón, Ministro de Marina de Carlos III, bajo cuya influencia se crearon el Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara y el *Laboratorium Chemicum* y se dotaron las cátedras de Química y Metalurgia, estaba muy interesado en reconstruir la industria de armas en España; por ello, el Ministro de Marina se dirigió a José Domingo de Mazarredo en las primeras semanas del año 1777, para tratar de introducir hombres de confianza, capaces, instruidos y hábiles en las fábricas de armas de Carron para «copiar» el método empleado por los ingleses. El Ministro de Marina buscaba a alguien con conocimientos técnicos para enviarlo a otros países europeos con el fin de aprender y perfeccionar dicho método. Mazarredo, a su vez, se entrevistó con Peñaflores y Narros con quienes comentó su delicada misión y solicitó su colaboración desde Bergara. Los fundadores de la Bascongada proponen al Marqués González de Castejón a Ignacio de Montalbo como «sugeto práctico» después de desestimar a Ignacio Zavalo. Más tarde, Peñaflores y Narros se dirigieron a sus hijos primogénitos que se hallaban en París y estos les indicaron que la persona que estaban buscando como «sugeto teórico o científico» para llevar a cabo la misión de espionaje científico-técnico era Juan José D'Elhuyar, quien para octubre de 1777 acababa de regresar de París.

Mientras se preparaba el plan de enviar en misión secreta a dos individuos españoles a las fábricas de cañones escocesas se ordenó la suspensión del envío de cañones de Carron a España, según le anunciaba el Príncipe de Marejano, Embajador de España en Londres, al Conde de Floridablanca el 21 de marzo de 1777 en su misiva: «se ha ordenado la suspensión del envío de cañones de Carron (Escocia) a la Coruña, sopena de que fueran protegidos por navíos de guerra, para evitar que los americanos se apoderaran de ellos...». Por lo tanto, había que acelerar los trámites para el cumplimiento de la misión de Juan José D'Elhuyar antes de que aparecieran nuevas dificultades. El mismo Conde de Floridablanca se encargaba de comunicar directamente la noticia al Conde de Peñaflores en un escrito fechado el 15 de abril de 1777.

En el catálogo general de individuos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País figuran como socios extranjeros Bourgoine, Burgoyne y ESQRS relacionados con Carlos Burgoyne, Director de la fábrica de Carron en Escocia, socio extranjero de la RSBAP durante el período 1778-1793. Sin embargo, en la entrada ESQRS figura en el período 1778-1781. Es evidente, que la Bascongada había tratado de facilitar la entrada en la fábrica de cañones de Ignacio Montalbo y Juan José D'Elhuyar

a través del Director de la fábrica de Carron cuando se considerara oportuno.

La Bascongada comunica, el 12 de octubre de 1777, desde Bergara al Marqués González de Castejón que ya han elegido al «sugeto científico». Se trata de Juan José D'Elhuyar, un joven de 23 años, que contaba con una gran preparación científica necesaria para llevar a cabo tan alta y secreta misión. Lo recomiendan en estos términos: «Pareciéndonos, pues, que en este joven hallábamos ya vencida la maior parte del trabaxo, le hemos propuesto, después de haberle juramentado del secreto, la idea de pasar inmediatamente al famoso Instituto Metalúrgico de Freyberg, en Saxonia, a dedicarse prácticamente a la fundición, pretextando para con el público la mira de imponerse perfectamente en la Metalurgia, para poder aspirar a la Cátedra que va a establecerse en ésta (...) El ha entrado mui gustoso, sugetándose a las Instrucciones que le queramos dar y contentándose con la asignación de veinte reales diarios».

El 25 de enero de 1778, el Conde de Peñaflorida remite al Ministro de Marina, Marqués González de Castejón, las instrucciones «secretas» y «ostensibles» para su aprobación. Las instrucciones «secretas» constan de trece apartados o artículos; mientras que las «ostensibles» sólo contienen ocho. De entre los artículos secretos, hay que destacar el itinerario que debe seguir Juan José para llegar a Sajonia pasando por París, Dresde y Freiberg y completar su formación como experto en Metalurgia y el arte de fundir el hierro; se le indica que debe visitar fábricas de fundición, dando siempre preferencia a las de cañones de hierro. Más tarde, debe visitar la fábrica de cañones de Stakelberg (Suecia) y desde allí pasará a Carron (Escocia).

Por su importancia en la misión encomendada a Juan José se recoge el artículo número 10 de las instrucciones «secretas»: «Desde Suecia pensará en introducirse por último escalón en las fábricas de Carron en Escocia, y afin de ser admitido en ellas con menos recelo, se dirá alemán y del oficio. Por cuia razón deverá imponerse bien en la lengua alemana, mientras permanezca en Alemania».

Fausto D'Elhuyar es propuesto por Juan Bautista Porcel, Antonio María de Munibe y Francisco Xavier de Eguía como profesor de Mineralogía y Metalurgia para la Real Escuela Metalúrgica de Bergara, aneja al Real Seminario Patriótico, después de desechar las candidaturas de profesores extranjeros y decantarse por un joven que pueda formarse en el extranjero. En carta enviada desde París al Conde de Peñaflorida y al Marqués de Narros, fechada el 19 de diciembre de 1777, Fausto acepta la Cátedra de Mineralogía con el compromiso de su formación en la Universidad de Freiberg.

Los hermanos D'Elhuyar comenzaron su viaje de formación científica en París, en abril de 1778, y llegaron a Freiberg en el mes de julio. El plan

de estudios, establecido en 1765, de la Academia de Minas o Instituto Metalúrgico de Freiberg estaba formado por las siguientes materias e impartido por los profesores que figuran entre paréntesis: Historia natural de los fósiles, Beneficio de las minas (Werner), Geometría subterránea (Charpentier, Rechter), Matemáticas (Charpentier), Física (Charpentier), Dibujo (Charpentier), Química con aplicación a la metalurgia (Geller) y la Docimasia o arte de ensayar los metales (Klotseh). Werner también impartía clases de Mineralogía y Descripción de las minas. Los hermanos D'Elhuyar fueron alumnos del eminente profesor de Geología y Mineralogía Abraham Gottlob Werner, cofundador de la Bergakademie o Academia de Minas y conocido mundialmente por sus aportaciones científicas, con quien establecieron una profunda amistad. Durante su estancia, los hermanos D'Elhuyar visitaron minas y fundiciones de Alemania, Austria, Hungría y Checoslovaquia.

El 12 de marzo de 1781, Peñaflorida y Narros recibieron en Bergara la carta «reservada» de Juan José enviada desde Freiberg con la novedades de las investigaciones «secretas» de su misión, que rápidamente pasaron a comunicar al Ministro de Marina: «Acabamos de recibir carta de Don José de Luiarte, pensionado de S. M. a influxo de V. E., en que nos dice desde Saxonía, que en una prueba de cañones hecha en Hamburgo ha resultado una notable preferencia en los de Suecia sobre los de Carron, cuja fábrica parece se ha deteriorado, por lo cual, y hallarse cerrada en el la entrada en los dominios ingleses, considera ser de su obligación el proponer por nuestro medio a V. E. la idea de pasar a las famosas fábricas de Suecia para adquirir quanto antes los conocimientos que desea S. M.».

Fausto regresó a Bergara a requerimiento del Conde de Peñaflorida para incorporarse a la Cátedra de Mineralogía y Ciencias Subterráneas. Juan José salió de Viena el 28 de agosto de 1781 camino de Dresde, desde allí llegó a Copenhague y prosiguió su viaje hacia Suecia, según el plan propuesto por el Conde de Peñaflorida, a donde llegó a finales de diciembre de 1781. En la Universidad de Upsala se inscribió como alumno de un curso impartido por el célebre profesor de Química Torbern Olof Bergman.

## **Influencia científica de Torbern Olof Bergman en Juan José D'Elhuyar**

Cuando Juan José D'Elhuyar encontró al profesor Bergman en Upsala tenían 27 y 46 años, respectivamente. El profesor Bergman y su discípulo, colaborador y amigo Carl Wilhelm Scheele eran dos de los pilares de la Química de la época. Ambos eran dos extraordinarios experimentalistas y

defensores acérrimos de la teoría del flogisto, a la luz de la cual trataban de explicar sus hallazgos científicos.

La teoría del flogisto fue desarrollada por Georg Ernst Stahl (1660–1734), médico y químico alemán, basándose en las ideas del alquimista Johan Joachim Becher (1635–1682), médico y químico alemán, y se mantuvo en vigor durante más de un siglo, los últimos vestigios datan de 1830. Becher concebía a las sustancias como compuestos minerales de tres «tierras»: tierra vitrificable (*terra vitrescible*), tierra mercurial (*terra fluida*) y tierra combustible (*terra pinguis*). En realidad, esta teoría desarrollaba la vieja noción de los tres elementos cuyo origen hay que buscar en Aristóteles y fue el último eco de la teoría de los cuatro elementos. Según Stahl, cuando una sustancia ardía pensaba que se desprendía la tierra combustible. A partir de este concepto, elaboró su teoría del flogisto también conocida como «sublime teoría». Supone que toda sustancia combustible, tal como un metal, contiene un «principio inflamable» denominado posteriormente flogisto. En la combustión se desprende el flogisto con acompañamiento de luz y calor, quedando un residuo, la ceniza o «cal», del cuerpo combustible. Cuanto más inflamable es un cuerpo tanto más rico es en flogisto. El principal interés de esta temprana teoría química está en que explica la reducción, el proceso inverso a la combustión, ya que si se calienta la cal o las cenizas metálicas con una sustancia rica en flogisto, tal como el carbón, ésta cede su flogisto a la cal y el metal se revivifica. El carbón arde al aire y casi no deja cenizas; es flogisto casi puro. La madera era una combinación de flogisto y cenizas de madera. La teoría del flogisto no pudo explicar satisfactoriamente el aumento de peso de la cal frente al metal del que procede ni la necesidad del aire para explicar la combustión. Inicialmente, el flogisto fue considerado como un principio en lugar de una sustancia. Cuando la Química avanzó, el flogisto fue considerado como una verdadera sustancia y se realizaron grandes esfuerzos para evaluar los cambios de peso observados.

La teoría del flogisto, aunque errónea, tiene el mérito de ser la primera teoría capaz de coordinar el conjunto de los fenómenos esenciales de la combustión y la reducción, sugirió nuevas investigaciones y posibilitó diversos descubrimientos científicos. Fue desplazada por la teoría de la oxidación desarrollada por Lomonosow (1711–1765) y Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794). Entre 1770 y 1790, Lavoisier estudió la ganancia y pérdida de peso cuando el estaño, plomo, fósforo y azufre experimentaban reacciones de oxidación o reducción y mostró que el elemento oxígeno, descubierto en 1774 por Joseph Priestley (1733–1804), estaba siempre implicado en los procesos de combustión y reducción.

Torbern Olof Bergman nació en Katrineberg (Suecia) el 9 de marzo de 1735, fue el hijo mayor del matrimonio formado por Barthold Bergman

—jefe de policía del lugar— y Sara Hägg. A los once años fue enviado a Skara donde hizo grandes progresos en Lenguas Clásicas, Teología y Ciencias Naturales, familiarizándose con la flora y la fauna de la región gracias a su profesor del Gymnasium Sven Hof. En el otoño de 1752, ingresó en la Universidad de Upsala y se graduó en 1756, después de estudiar Astronomía, Filosofía, Física y Matemáticas. Se doctoró en 1758 con la tesis *De Interpolatione Astronomica*, que fue publicada bajo el título de *De Attractione Universali* y consiguió un puesto de profesor ayudante el mismo año. En 1761, obtuvo la plaza de profesor asociado de Matemáticas y en 1767, fue designado por el entonces príncipe de la Corona, más tarde rey Gustavo III, para suceder a Johan Gottschalk Wallerius (1709–1785) en la Cátedra de Química de la Universidad de Upsala, una materia que era nueva para él pero en la que sería famoso. Sólo se presentó con un trabajo en Química sobre la preparación del alumbre, pero su gran capacidad científica quedó demostrada frente a competidores más viejos que él y expertos en Química. Una vez que tomó posesión de la Cátedra en 1767 comenzaron sus grandes contribuciones como profesor e investigador. Transformó el instituto de Química que se hallaba en un lamentable estado, convirtiéndolo en museo y centro de investigación. También remodeló el departamento de Química introduciendo líneas de investigación prácticas y adquirió equipamiento científico apropiado. Combinó sus clases teóricas con el trabajo de laboratorio porque pensaba que las demostraciones experimentales eran de gran importancia en la enseñanza de la Química.

Los cursos impartidos por Bergman fueron seguidos por un gran número de científicos procedentes de otros países y de entre ellos destacaremos a varios químicos ilustres y, en particular, a Juan José D'Elhuyar. Con sus discípulos mantuvo una relación paternal y aunque su salud era muy precaria continuó enseñando mientras pudo. Supo granjearse el respeto y la admiración de sus discípulos, que se mantuvieron vinculados a él a pesar de la distancia como muestra la rica correspondencia sostenida con ellos.

Al lado de esta labor docente, no se puede olvidar su labor investigadora. Se conoce una relación de 306 publicaciones de Bergman en diferentes idiomas publicada por Moström en 1957. En esta recopilación no aparece la correspondencia que Bergman mantuvo con investigadores científicos extranjeros de Europa y América y que apareció más tarde. Fue premiado por la Academia de Ciencias de Estocolmo en 1762 por sus trabajos sobre los pulgones que dañaban los árboles frutales. El daño se podía prevenir atando una banda de tela recubierta de cera alrededor del tronco de los frutales. Las primeras contribuciones sobre física incluían trabajos sobre el arco iris, el crepúsculo y la aurora boreal, que estimó tenía

una altura de 460 millas. Más importante fue su descubrimiento de una atmósfera sobre Venus durante el paso del planeta el 6 de junio de 1761. El discurso inaugural de Bergman en la Academia de Estocolmo en 1764 se tituló: «La posibilidad de prevenir los efectos dañinos del rayo» y fue uno de los primeros en soportar las ideas de Franklin sobre los pararrayos. También se ocupó del estudio de la piroelectricidad de la turmalina. En 1766, observó que cuando aumenta la temperatura un extremo del cristal se vuelve positivo y el otro negativo y que al descender la temperatura se invierte la polaridad. El fenómeno fue explicado por Haüy en 1785, al relacionar la estructura del cristal con sus propiedades eléctricas. En 1766, publicó un trabajo pionero en geografía física *Physisk beskrifning öfver jordklotet* (Descripción física de la Tierra) que fue traducido al alemán, danés y ruso. Bergman incluyó una larga relación de minerales y se mostró muy interesado en la Mineralogía y la Química.

El soplete se venía usando por los químicos suecos desde los primeros años de la década de 1740, también introdujeron el carbonato de sodio, el bórax y el fosfato de sodio y amonio (la sal microcósmica) como fundentes. En *De tubo feruminatoria* (1779) Bergman recogió una exhaustiva relación del equipamiento científico. En la obra distingue entre llamas oxidantes y reductoras, como se les conoce ahora; reconoce que el soplete era un excelente instrumento para el análisis cualitativo pero inadecuado para el análisis cuantitativo, una rama que él desarrolló por vía húmeda. Bergman publicó un gran número de análisis de minerales y aguas minerales y ensayos sobre la mayor parte de los metales. De esta época datan sus obras: *De analysi aquarum* (1778), *De minerarum docimasia humida* (1780) y *De praecipitatis metallicis* (1780). En sus trabajos, Bergman aceptó que el flogisto era perdido por el metal, adoptó la explicación flogística de la combustión y la calcinación propuesta por Carl Wilhelm Scheele (1742–1786). Todas las sustancias combustibles contienen el hipotético elemento del fuego, el flogisto, que se desprende al arder o al oxidarse. Trató de cuantificar el flogisto intercambiado en los procesos de combustión de los metales; aunque la idea era errónea, fue el primero en introducir el concepto de equivalente químico.

Newton adelantó la idea de que los cambios químicos se producían por una fuerza que actuaba entre las partículas a distancias muy pequeñas. Este concepto dio lugar a la aparición de las tablas de afinidades, siendo las tablas de Bergman las más completas de la época. La primera versión de su obra *Disquisitio de attractionibus electivis* (1775) incluía una tabla de afinidades con cincuenta columnas representando reacciones por vía húmeda y treinta y seis por vía seca; en 1783 aumentó éstas hasta cincuenta y nueve y cuarenta y tres columnas, respectivamente. Bergman no realizó ningún intento por dar valores numéricos a las atracciones electivas.

Bergman introdujo tablas y diagramas para representar las reacciones químicas; en ellas, representó a las sustancias por símbolos. A partir de 1775, comenzó a acuñar nombres relacionados con su composición química y contribuyó notablemente con su obra *Sciagraphia regni mineralis* (1782). Louis Bernard Guyton de Morveau (1737–1816) propuso una nomenclatura sistemática que publicó en 1782 y que influyó en Bergman con quien mantuvo una abundante correspondencia. Esta influencia aparece en su publicación *Meditationes de systemate fossilium naturali* aparecida en el año 1784. Guyton de Morveau escribió en francés, pero Bergman prefirió el latín que permitía su traducción a todas las lenguas modernas. Siguiendo a Linneo, Bergman dividió las sustancias inorgánicas en clases, géneros y especies; definió cada clase y género por una letra y cada especie por dos. Había cuatro clases: sales (incluyendo los ácidos y los álcalis como sales neutras), tierras, metales y materiales flogísticos. La nomenclatura de Bergman estaba muy relacionada con su clasificación de los minerales en función de la composición química.

En 1771, Bergman contrajo matrimonio con Catherine Trast. La muerte de Bergman ocurrió el 8 de julio de 1784 en Medevi (Suecia).

Torbern Olof Bergman y Carl Wilhelm Scheele fueron dos importantes científicos en la definición de la Química moderna del siglo XVIII. En su época, fue tan grande el prestigio de Bergman entre los químicos de todo el mundo que cuando se descubría un nuevo elemento era habitual enviar una muestra al profesor Bergman para que certificara la legitimidad del descubrimiento. Aunque él mismo no descubrió ningún elemento químico, sí lo hicieron algunos de sus discípulos y colaboradores; entre ellos hay que citar a Juan José D'Elhuyar Lubice.

De la relación científica entre Torbern Olof Bergman y Juan José D'Elhuyar quedan dos documentos de extraordinario interés. El primero de ellos se refiere a los «Apuntes hechos por Dn. Juan Josef D'Elhuyar en el curso de Química particular que siguió en el año de 1782 en la Unibersidad de Upsala en Suecia con el profesor Mr. Bergman sobre los nuebos descubrimientos en dicha Ciencia». Este documento de gran interés científico se encuentra en la Biblioteca Nacional de Bogotá (Colombia), Sección Pineda N° 162, págs. 75 y siguientes, Sala de Libros Raros y Curiosos. Existe una copia microfilmada en la Biblioteca de la Real Academia de Ciencias de Suecia. Los Apuntes redactados en francés han sido publicados por Fredga y Rydén y, con posterioridad, han merecido la atención de Román y Schufle. La importancia de este documento radica en que demuestra que Juan José estuvo al lado del profesor Bergman durante casi un semestre. El segundo documento aparece citado en la obra de Carlid y Nordström en la que se recoge la correspondencia que mantuvo Bergman

con 85 corresponsales de diferentes nacionalidades. En esta publicación se hace mención a las dos cartas que le envió Fausto D'Elhuyar y al borrador de la carta que Juan José escribió al profesor Bergman. No se sabe si Juan José envió el original de esta carta desconociendo que su maestro había fallecido o, en el caso de haberla enviado, si los descendientes del profesor Bergman recibieron la carta. Hasta ahora no se ha encontrado el documento original.

Juan José permaneció en Suecia desde diciembre de 1781 hasta julio de 1782. Juan José coincidió en Suecia con un francés interesado por la ciencia y presidente de la «chambre des comptes» de Dijon, el Sr. Charles André Hector Grossart de Virly. El propio Bergman indica cual fue el objeto del curso realizado: «Junto con el Sr. de Virly, y con el mismo objeto vino a Upsala el Sr. Luyarte, de España y no solamente terminaron 'privatissime' todo un curso de alta química, sino que también siguieron otras clases privadas, en el arte de la Docimasia, concluyendo cada uno los 'ensayes' que les fueron puestos delante. Se quedaron hasta clausurado el semestre». No se sabe con certeza cuando se conocieron Juan José D'Elhuyar y el Sr. de Virly; parece que se encontraron en Upsala. Tampoco es muy precisa la duración del curso de alta química. Según Juan José en carta dirigida a Werner el 10 de mayo de 1782 desde Upsala, se encontraba en Estocolmo a principios de diciembre de 1781, allí permaneció seis semanas y a mediados de enero de 1782 se encontraba en Upsala. Otros autores citan la duración del curso desde febrero a junio de 1782. En esa carta Juan José comunica a Werner la extraordinaria habilidad de Bergman, que no hubiera querido perderse por nada del mundo el curso que estaba realizando y que la salud del profesor Bergman está muy resentida; tanto es así que predice que no vivirá mucho tiempo. Además, le comenta la alta calidad humana de Bergman por su carácter, bonhomía, sabiduría y su saber basado en la experiencia.

Juan José y el Sr. de Virly se despidieron de su maestro y profesor por carta la tarde del 22 de junio de 1782. Esta carta sólo aparece firmada por de Virly, aunque está escrita en plural y se refiere a los dos ya que Juan José olvidó firmarla, según la carta que el propio de Virly envía a Bergman fechada en Estocolmo el 4 de julio de 1782. Al finalizar el curso, Juan José D'Elhuyar y el Sr. de Virly visitaron a Carl Wilhelm Scheele durante dos días en Köping donde vivía el sabio sueco. En carta fechada en Köping el 5 de julio de 1782 y dirigida a Bergman, dice Scheele: «Los señores extranjeros estuvieron conmigo dos días; me fue muy grato de veras conversar con ellos sobre asuntos químicos; y es que no eran nada inexpertos en la materia».

Desde septiembre de 1781 y hasta la muerte del Marqués González de Castejón, Juan José vivió con el dinero prestado por José de Onís (150

pesos), Ignacio María Corral (150 pesos), el Sr. de Virly (168 pesos) y el conde de Peñaflores y el Marqués de Narros (364 pesos) para continuar su viaje hasta Suecia. Su deuda alcanzaba la cantidad de 832 pesos, una elevada suma que Juan José reclamó a los responsables de la Bascongada el agosto de 1783 para que le fuera abonada por el nuevo Ministro de Marina, Antonio Valdés y Bazán, y que le fue denegada.

Juan José visitó las minas de Kongsberg en Suecia y, más tarde, otras de Noruega, inició su regreso a Bergara creyendo que se apreciaría su esfuerzo y se utilizarían sus amplios conocimientos científicos y técnicos. Al final del otoño de 1782 se encuentra en Amsterdam a donde llegó desde Christiania (hoy Oslo) y aquí se embarcó camino de París. La mayor parte de los autores sitúan a Juan José en Bergara en el otoño de 1782. Sin embargo, el 12 de mayo de 1783, Juan José escribe a Werner desde París, donde se encuentra desde hace cinco meses, sobre su intención de ir a Inglaterra o regresar a España. Es muy probable que Juan José regresara el mes de mayo o junio de 1783 a Bergara.

Desde el 8 de octubre de 1781, Fausto se hallaba en Bergara y desde el día siguiente a la festividad de San Carlos Borromeo —el día 5 de noviembre— impartía las enseñanzas de Mineralogía, Ciencias Subterráneas y Metalurgia en el Real Seminario Patriótico. Tras más de un año y medio de separación los dos hermanos se reunieron en Bergara en mayo o junio de 1783.

A pesar de las dificultades de comunicación impuestas a su misión, Juan José mantuvo en todo momento informados a los responsables de la Bascongada acerca del cambio de planes y de su decisión de dirigirse a Suecia en lugar de a Carron, por encontrarse España e Inglaterra en guerra en esas fechas y por haber tenido conocimiento de la prueba de cañones realizada en Hamburgo y dar mejor resultado los cañones suecos que los de Carron. Sin duda, la Bascongada y el propio Juan José tomaron una decisión patriótica en el sentido de inclinarse por aprovechar al máximo los conocimientos científicos de Juan José y traerse el mayor número posible de informes relacionados con la fabricación de cañones y otros aspectos de la Mineralogía, la Metalurgia y la Química.

Sin embargo, a pesar de su gran preparación científica y tecnológica, el Marqués González de Castejón estaba profundamente disgustado con los resultados obtenidos en la misión encomendada a Juan José y prefirió el método de vaciado en hueco que el propuesto por Juan José para la fabricación de los cañones suecos en la fábrica de Aker por el método de la «fundición sin alma». El Ministro de Marina mostró un profundo desprecio por los grandes conocimientos técnicos y científicos que poseía Juan José D'Elhuyar. Postergó a éste y se quedó sin empleo a su vuelta de un viaje

que había comenzado en 1778 y terminaba a comienzos del verano de 1783. En aquella fecha Juan José era el químico y metalúrgico español con mayor y mejor formación científica de todos los reinos de España. El Marqués González de Castejón falleció a mediados de marzo de 1783. Le sucedió Antonio Valdés y Bazán, quien también infravaloró a Juan José, enviando un oficio al Marqués de Sonora comunicándole que lo transfería junto con Montalbo a la jurisdicción del Ministro de Indias para que les diese destino en la fábrica de armas menores de Jimena (Cádiz) en lugar de las Reales Fábricas de cañones y armamento de La Cavada y Liérganes.

## Torbern Olof Bergman precursor del aislamiento del wolframio

Antes de llegar Juan José D'Elhuyar a la Universidad de Upsala, tanto Bergman como Scheele habían realizado experimentos con la «piedra pesada», *tungsten* o *lapis ponderosus*, que más tarde recibiría el nombre de scheelita, en honor del químico sueco, es decir, con el ahora conocido wolframato de calcio,  $\text{CaWO}_4$ . Bergman había intuido que la «piedra pesada» contenía, entre otras cosas, un nuevo metal sin descubrir todavía y así lo comunica a la Real Academia Sueca de Ciencias (Actas de abril-junio de 1781) en su comentario al trabajo realizado por Scheele sobre los componentes de la «piedra pesada» titulado «*Tillägning om Tungsten*», o sea, «*Addenda sobre la Piedra Pesada*».

En los Apuntes de Juan José D'Elhuyar tomados del profesor Bergman durante su estancia en Upsala entre febrero-junio de 1782 aparecen referencias al ácido molíbdico y al final del apartado dice «un Alumno de Bergman ha encontrado el medio de reducirlo a metal y el Régulo metálico no tenía ninguna semejanza con los metales conocidos». Este alumno es Peter Jacob Hjelm (1746-1813), químico, alumno y colaborador de Bergman y Scheele, quien aisló el molibdeno a finales de 1781 y que era profesor de Docimasia cuando Juan José visitó Upsala. Ahora sabemos que el comportamiento químico del molibdeno es muy parecido al del wolframio, pero en aquel entonces era difícil de intuir.

El ácido «tungústico» o wolfrámico es descrito inmediatamente después en los Apuntes de Juan José, indicando su composición, su reactividad con álcalis y ácidos por vía seca y húmeda, la separación del ácido wolfrámico y el color de los polvos que van apareciendo en las distintas reacciones. Hace referencia al estudio comparativo entre la «molibdena» (molibdenita o sulfuro de molibdeno(IV),  $\text{MoS}_2$ ) y la «piedra pesada». Al final del apartado escribe «el ácido pesado forma con la tierra

pesada [óxido de bario, BaO] una sal insoluble, descompone la sal molíbdica en base de tierra pesada, este ácido parece metálico por su densidad, sabor metálico y precipitación por el álcali flogistizado.»

Los Apuntes están divididos en partes o capítulos aunque no figuren especificados. Por el contenido del temario podría decirse que es un curso completo de Química, en el que se aborda el estudio sistemático de los elementos y los compuestos inorgánicos y orgánicos descubiertos hasta entonces junto con los aspectos más importantes relacionados con la teoría del calor.

Las enseñanzas de Bergman pueden apreciarse en el trabajo presentado por los hermanos D'Elhuyar en las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en Vitoria en el mes de septiembre de 1783. En los ensayos a que someten a la wolframita,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , mineral con el que van a trabajar para aislar el wolframio siguen la metodología aprendida por Juan José en la Universidad de Upsala, es decir, acción al soplete; reacción por vía seca con los fundentes sal microcósmica (fosfato de sodio y amonio), bórax y nitro (nitrato de potasio); reacciones por vía húmeda con agua destilada, ácido marino [HCl]; precisión en las pesadas y, en particular, en los valores de las densidades encontradas y el análisis de la wolframita; orden y minuciosidad en el trabajo; comprobación del sabor y gusto de las disoluciones obtenidas; reacción por vía húmeda del polvo amarillo  $[\text{WO}_3]$  con distintos reactivos hasta la obtención del metal y, finalmente, la preparación de aleaciones del wolframio con metales como oro, plata, cobre, hierro, plomo, estaño, antimonio, bismuto y manganeso.

En la página 55 del trabajo original se puede leer: «Esta particularidad, y las propiedades ácidas que reconocimos en el precipitado blanco (§. IV. n. 5.) nos hicieron sospechar desde luego que la materia de que provenia este color podria ser el producto particular que Scheele quimico sueco, ha encontrado nuevamente en una piedra llamada *tungstene* ó piedra pesada. (k)». En la página 57, en la referencia (l) al pie de la misma página los hermanos D'Elhuyar escriben: «(l) Bergmann propone dos metodos para hacer esta separacion. El primero es evaporar á seco la disolucion, calcinar el residuo, y echar sobre el una porcion de ácido nitroso  $[\text{HNO}_3]$  con un pedazo de azucar: en esta operacion el acido disuelve facilmente la alabandina [manganeso], y con dificultad el hierro. El segundo se reduce á precipitar ambos metales por medio del alkali prusiano; de lo qual resulta que la alabandina que se combina con la parte colorante del azul de prusia, forma un compuesto soluble en el agua, y asi puede separarse del hierro por los lavages; pero ambos [métodos] tienen sus inconvenientes. En el primero el acido nitroso disuelve parte del hierro, y asi no es enteramente

exacto: y el segundo, aunque indica con facilidad la cantidad de hierro, como la alabandina, vá mezclada en las aguas con la sal neutra que se ha formado en la precipitacion, no es posible determinar su cantidad, sino con mucho trabajo; por lo que el método que hemos empleado nos ha parecido mas a proposito para este fin.»

En la página 63 del trabajo conjunto de los hermanos D'Elhuyar se halla la cita (m) referida a una publicación de Scheele aparecida en la revista *Journal de phisique* de febrero de 1783. En esta parte comparan los análisis encontrados por ellos para la materia amarilla [WO<sub>3</sub>] con los de Scheele, incluso utilizan una «piedra pesada» traída de Bohemia con la que obtienen los mismos resultados que él. Sin embargo, critican los resultados de Scheele y Bergman a la luz de sus experimentos en la página 64: «que lo que dicho autor [Scheele] y Bergman han mirado como sal simple ácida, es una sal muy compuesta». Más adelante, vuelven a referirse a Scheele en las páginas 69 y 77.

Hay una referencia muy elegante a Bergman y Scheele en la página 78 donde dicen: «Sin embargo no podemos menos de hacer justicia á los Señores Scheele y Bergman. Sabemos que la piedra pesada, de la qual han sacado estos productos, es un fosil muy raro, y poco conocido, y nos consta particularmente que han tenido muy poca cantidad para hacer con formalidad su exámen; pues de lo contrario no hubieran dexado de indagar sus propiedades con la exáctitud y sagacidad que reynan en sus obras maestras. Continuemos ahora con la materia amarilla.»

La obtención del wolframio se recoge magistralmente en la página 80 de la memoria. Una de las observaciones más interesantes es la referencia (q) de un gran valor científico, que dice: «(q) La primera vez que hicimos este experimento rompimos el crisol, sin dexarlo enfriar enteramente; y asi que tuvo la materia contacto con el ayre, se encendió, y su color gris se volvió en un instante amarillo.» En este experimento los hermanos D'Elhuyar obtienen el wolframio, pero al no estar suficientemente frío el crisol vuelve a reaccionar con el aire a esa temperatura para dar el trióxido de wolframio, es decir, el producto de partida.

El método descrito para determinar la densidad con precisión aparece en la página 65 del trabajo en la cita (o). Es una descripción que puede repetirse con toda facilidad y el método es muy parecido a uno de los que se emplean en la actualidad.

En las páginas 85 y 86 vuelven a referirse a Bergman y al flogisto: «Estos experimentos realizan las sospechas de Bergmann, que considerando la pesadez específica de esta materia, y la propiedad de colorar la sal microcós mica, y el borax, congetura (r) que es de naturaleza metálica. La mudanza de su color al paso que se carga de flogisto: la dimunición de peso absoluto, y aumento de pesadez específica en la misma proporcion: el

aspecto metálico que recibe á un fuego fuerte con la carbonilla, y las propiedades que presenta en este estado: las diferentes aligaciones mas ó menos perfectas que forma con los metales: y la disminucion de pesadez específica, y aumento de peso absoluto á medida que disminuye en su combinacion el flogisto, son pruebas incontestables de su naturaleza metálica. El polvo amarillo debemos pues considerarlo como una cal metálica, y el boton regulino que se logra combinando este polvo con el flogisto por medio de la carbonilla, como un verdadero metal.» La referencia (r) se refiere a una publicación de Bergman aparecida en la revista *Journal de physique* de febrero de 1783.

Finalmente, en la página 88 de la memoria se refieren al nombre que hay que dar al nuevo metal, privilegio que corresponde a los hermanos D'Elhuyar por ser quienes obtuvieron el elemento metálico en estado puro en primer lugar. Es su testamento científico y dicen: «Daremos á este nuevo metal el nombre de volfram, tomándolo del de la materia, de la qual lo hemos sacado, y miraremos ésta como una mina, en que este metal está combinado con el hierro y la alabandina, como queda probado. Este nombre le corresponde mejor que el de tungusto ó tungsteno, que pudiéramos darle en atencion á haber sido la tungstene ó piedra pesada la primera materia de que se ha sacado su cal, por ser el volfram un mineral que se conocia mucho antes que la piedra pesada, á lo menos mas generalmente entre los mineralogistas, y que el término volfram está ya recibido en casi todos los idiomas de Europa, aun en el mismo Sueco.»

El trabajo publicado por los hermanos D'Elhuyar en los Extractos de la Juntas Generales de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en septiembre de 1783, es posiblemente el mejor artículo aparecido en la revista científica de la Bascongada. Las innovaciones que introducen los autores, la presentación del mismo y los importantes logros científicos y técnicos que alcanzan merecerían que, salvando los doscientos trece años que nos separan, este trabajo se publicara hoy en revistas de gran prestigio mundial como *Angewandte Chemie*, *Journal of the American Chemical Society*, *Nature* o *Science*.

De nuevo, debido a su carácter retraído y olvidadizo Juan José no comunicó al profesor Bergman su hallazgo y encargó a su hermano que lo hiciera en su nombre. Bergman recibió información del descubrimiento del nuevo metal a través de una carta enviada por Fausto D'Elhuyar, el 15 de enero de 1784 desde Bergara, poco tiempo después de que Juan José se hubiera marchado con destino a Cádiz donde embarcaría, el 18 de julio de 1784, para desempeñar el cargo de Director General de las Fundiciones del Reino de Nueva Granada en América. Una vez conocida la noticia, Bergman hace partícipe a su amigo Scheele y éste contesta a Bergman desde

Köping con fecha del 2 de abril de 1784 diciéndole: «Celebro que el Sr. Luyarte haya obtenido regulum tungsten; espero que haya enviado al Señor Profesor muestras de él.»

Las palabras de Scheele hay que analizarlas desde una doble perspectiva. En primer lugar, reconoce el honor del descubrimiento a los hermanos D'Elhuyar y, muy en particular, a Juan José que era a quien él personalmente conocía. Como hemos visto por las referencias de la memoria de los hermanos D'Elhuyar, Scheele junto con Bergman eran los únicos que podían cuestionar el descubrimiento del wolframio. En segundo lugar, era habitual en aquella época que cuando se producía el hallazgo de un nuevo elemento se enviaran muestras del mismo a Bergman debido a su gran prestigio y saber científico para la confirmación del descubrimiento.

Fausto D'Elhuyar envió una nueva carta a Bergman desde Bergara fechada el 17 de junio de 1784, donde le da las gracias por los libros recibidos y le sugiere que le envíe otros. Asimismo, le da algunas informaciones sobre los experimentos realizados en el aislamiento del wolframio.

Juan José recibió una carta de Bergman fechada en Upsala el 18 de marzo de 1784, que se supone contestó desde Cartagena de Indias el 3 de noviembre de 1784. De ella se conserva el borrador que se encuentra en la biblioteca de la Universidad de Upsala. Juan José contesta a Bergman que el nombre de wolframio es el más apropiado ya que «sigue la ley (aunque defectuosa pero difícil de reformar) de otros semimetales que han recibido su denominación del mineral de donde se les ha descubierto en primer lugar.» Más adelante, le aclara algunos conceptos de su trabajo de una manera clara y precisa a la luz de la teoría del flogisto.

Cuando Juan José escribió este borrador no sabía que Bergman había fallecido en Medevi el 8 de julio de 1784. Un mes más tarde falleció su padre en Bayona el 15 de agosto. Sin duda alguna que estas dos grandes pérdidas junto con la del Conde de Peñaflorida, ocurrida el 13 de enero de 1785 afectaron profundamente a Juan José.

## **Errores más frecuentes relacionados con el aislamiento del wolframio**

En algunas publicaciones recientes se mantiene el error de que los dos hermanos D'Elhuyar visitaron al profesor Torbern Olof Bergman en la Universidad de Upsala e, incluso que únicamente fue Fausto quien siguió el curso de Química al lado del célebre profesor de Química con el pretendido fin de atribuir la gloria del descubrimiento del wolframio al

menor de los D'Elhuyar. Así, en la Enciclopedia Universal Ilustrada Europea-Americana publicada por Espasa-Calpe en 1988, sigue manteniendo el error aparecido en la publicación de 1929. En la voz tungsteno, se puede leer: «Bergman estudió el ácido túngstico y lo calificó de cal metálica y su discípulo español Fausto Elhuyar obtuvo el tungsteno metálico (1783).»

En realidad, únicamente Juan José visitó al químico sueco ya que la Real Sociedad Bascongada reclamó la presencia de Fausto D'Elhuyar en Bergara en el mes de octubre de 1781 para hacerse cargo de las cátedras de Metalurgia, Ciencias Subterráneas y Mineralogía. En el plan de estudios de la Real Escuela de Metalurgia agregada al Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara figura Fausto D'Elhuyar como catedrático al lado de Francisco Chavanó (su apellido original era Chavaneau) en las «Juntas Cuadrimestres de Institución del mes de mayo de 1783». Desde hace cuatro décadas, gracias a las aportaciones de Caycedo, Fredga, Martínez, Palacios, Román, Rydén, Schufle, Silván, Weeks y Whitaker se ha demostrado que únicamente Juan José mantuvo una relación de discípulo-profesor. No obstante, Fausto D'Elhuyar mantuvo correspondencia epistolar con Bergman, al menos, en dos ocasiones.

Existen algunas imprecisiones sobre los verdaderos descubridores del aislamiento del wolframio. En obras de amplia difusión, se aprecian errores que no se corrigen y van superando el paso del tiempo al aparecer en las reimpressiones y reediciones de algunas obras de carácter enciclopédico. Así, la Gran Enciclopedia Larousse aparecida en 1990 en la voz volframio dice: «El volframio fue descubierto en 1781 por Scheele y aislado en 1782 por Bergman». En la entrada correspondiente a Bergman (Torbern Olof) recoge: «En 1775, obtuvo el níquel en estado puro; separó el magnesio y el manganeso de sus óxidos, y aisló el tungsteno en 1782». En una publicación en CD-ROM recientemente aparecida se puede leer: «El volframio o tungsteno (...). Descubierto en 1781 por Scheele». Es frecuente la aparición de estos errores en enciclopedias y trabajos de divulgación que no han consultado las fuentes originales.

Tampoco es correcto atribuir el aislamiento del wolframio en exclusiva a Juan José como hacen Carlid y Nordström cuando se refieren a las cartas enviadas por Fausto.

En la formación científica de los hermanos D'Elhuyar tuvieron una destacada influencia su padre, D. Juan D'Elhuyar, la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y el Ministro de Marina, Marqués González de Castejón, los profesores de los centros de París y Freiberg (Sajonia) y, muy especialmente, el profesor Torbern Olof Bergman, maestro de Juan José durante su estancia en la Universidad de Upsala.

De lo anteriormente expuesto, se debe atribuir el descubrimiento del wolframio a los hermanos D'Elhuyar aunque no se puede ignorar la contribución científica en la formación de Juan José del insigne profesor Torbern Olof Bergman. Por otro lado, no se debe asignar una contribución por igual a los dos hermanos. Juan José, tras su estancia en Upsala, había realizado prácticas con los ácidos molíbdico y wolfrámico. A partir del ácido molíbdico, Peter Jacob Hjelm y siguiendo las instrucciones de su amigo Carl Wilhelm Scheele había obtenido el molibdeno a finales de 1781. Es de suponer que Juan José practicó la metodología para obtener molibdeno, siguiendo el procedimiento de Hjelm. También conocía las últimas aportaciones de Scheele y Bergman sobre el ácido wolfrámico aparecidas en la revista *Journal de physique* en febrero de 1783 y que se trajo consigo de París. Sin menoscabo de la aportación de Fausto, es necesario hacer justicia y reconocer que la mayor parte del trabajo experimental y la redacción de la memoria sobre el aislamiento del wolframio lo realizó Juan José cuando regresó a Bergara, posiblemente desde finales de mayo o principios de junio de 1783 hasta su publicación en los Extractos de las Juntas Generales de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País celebradas en Vitoria a finales de septiembre de ese mismo año.

Como homenaje a uno de los químicos españoles más importantes de todos los tiempos, en el segundo centenario de su muerte ocurrida en Santa Fe de Bogotá el 20 de septiembre de 1796, cuando contaba cuarenta y dos años de edad, es preciso recordar la opinión de Bernardo J. Caycedo, descendiente de Juan José y entusiasta biógrafo de su antepasado, de él dice: «Juan José fue el verdadero descubridor del metal wolframio, aunque Fausto le ayudó en las investigaciones». Leandro Silván, tal vez más imparcial en su juicio escribe: «Quienes se han ocupado de estudiar y comentar ese hecho memorable, están de acuerdo en considerar a Juan José como principal autor del descubrimiento; y es natural que así fuese (...). Pero estimamos erróneo subestimar la intervención de Fausto en las tareas llevadas a cabo para alcanzar la meta pretendida».

Tal vez lo más interesante a destacar sea que en Bergara lograron culminar los hermanos D'Elhuyar, gracias a su ingenio y capacidad de trabajo, la labor que habían comenzado unos años antes en Suecia dos grandes científicos: Scheele —descubriendo el ácido wolfrámico en 1781— y Bergman —indicando que un nuevo metal podía aislarse del ácido wolfrámico—, demostrando cómo la ciencia es una obra colectiva que une a los hombres en un sólo sentimiento y en un único ideal: el progreso de la humanidad.

## Bibliografía

- Arnaiz, A., «Don Fausto de Elhuyar y de Zubice», *Revista de Historia de América*, 1939, 2, 75.
- Babor, A. B. e Ibarz, J., *Química general moderna*, 7ª edición, 3ª reimpresión, Editorial Marín, Barcelona, 1965.
- Baulny, O., «Los hermanos Elhuyar y los químicos de su tiempo», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos Elhuyar, Gobierno Vasco y Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, San Sebastián y Bergara, 1983.
- Baulny, O., «Los hermanos Elhuyar y la minería indiana», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Año XXXIX, San Sebastián, 1983.
- Baulny, O., «Los hermanos Elhuyar y la metalurgia de su tiempo», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos Delhuyar, Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 1983.
- Bocklund, U., «Carl Wilhelm Scheele», En *Dictionary of Scientific Biography*, Gillispie, C. C., editor, Charles Scribner's Sons, New York, 1985, vol. 11, págs. 143–150.
- Calvo, F., «Química y metalurgia del wolframio», Sesión de apertura del curso académico 1982–1983 celebrada el 21 de octubre de 1982 en la Real Academia de Farmacia, Instituto de España, Madrid, 1982.
- Carlid, G. y Nordström, J., *Torbern Bergman's foreign correspondence*, Almqvist & Wiksell, Estocolmo, 1965, vol. 1.
- Caycedo, B. J., «El Sabio D'Elhuyar», *Berceo*, 1964, 70, 56.
- Caycedo, B. J., «El Sabio D'Elhuyar», *Berceo*, 1964, 71, 151.
- Caycedo, B. J., «D'Elhuyar y el Siglo XVIII Neogranadino», *Ediciones de la Revista Ximénez de Quesada*, Bogotá, Colombia, 1971, vol. XXIII.
- Enciclopedia Planeta–deAgostini S. A., Multimedia Ediciones, S. A., CD-ROM, Barcelona, 1994.
- Enciclopedia Universal Ilustrada Europea–Americana, Espasa-Calpe, S. A., Madrid, 1988, Tomo LXV, pág. 101.
- Extractos y Resúmenes de las Actas de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Juntas Generales*, Sección Primera, Vitoria, septiembre 1783, págs. 3–4.
- Fages, J., «Los químicos de Vergara y sus obras», Discurso leído ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el día 27 de junio de 1909, Tipografía Pontejos, Madrid, 1909.
- Fredga, A. y Rydén, S., «Juan José D'Elhuyar anteckningar efter Torbern Bergmans föreläsningar 1782», *Lychnos*, 1959, 161–208.
- Gálvez Cañero, A., «Apuntes biográficos de D. Fausto de Elhuyar y de Zubice», Aparte del tomo LIII del Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, Gráficas Reunidas, S. A., Madrid, 1933.
- Gálvez Cañero, A., «El primer centenario de Don Fausto Delhuyar», *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 1933, 31, 117.
- Gran Enciclopedia Larousse, 1ª edición, Editorial Planeta, S. A., Barcelona, 1990, Tomo 2, pág. 1318.
- Gran Enciclopedia Larousse, 1ª edición, Editorial Planeta, S. A., Barcelona, 1990, Tomo 12, pág. 11579.

- Laborde, M., «Exposición y comentario técnico sobre la memoria presentada por los hermanos Elhuyar con motivo de su descubrimiento del metal tungsteno o wolframio», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos Elhuyar, Gobierno Vasco y Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, San Sebastián y Bergara, 1983.
- López de Azcona, J. M., «Biografía de los hermanos Elhuyar», Sesión de apertura del curso académico 1982–1983 celebrada el 21 de octubre de 1982 en la Real Academia de Farmacia, Instituto de España, Madrid, 1982.
- Luyart, J. J. de y Luyart, F. de, «Análisis químico del wolfram, y exàmen de un nuevo metal, que entra en su composicion» *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vitoria, septiembre 1783, págs. 46–88.
- Martínez, J., «Los hermanos Elhuyar», I Seminario de Historia de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Bicentenario de la Muerte del Conde Peñafloreda, Gráficas Izarra, San Sebastián, 1986.
- Moles, E., «Elhuyar, químico. Primer centenario de Don Fausto de Elhuyar», *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 1933, 31, 128.
- Moström, B., *Torbern Bergman: A Bibliography of his works*, Almqvist & Wiksell, Estocolmo, 1957.
- Nordenskiöld, A. E., *Carl Wilhelm Scheele. Bref och anteckningar*, Estocolmo, 1982.
- Palacios, J., «Dos cartas inéditas de Juan José y Fausto Delhuyar», *Llull*, 1992, 27, 651.
- Palacios, J., *Los Delhuyar*, Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, Gobierno de La Rioja, Logroño, 1993.
- Pérez-Bustamante, J. A., «Highlights of Spanish chemistry at the time of the chemical revolution of the 18th century», *Fresenius J. Anal. Chem.*, 1990, 337, 225.
- Román, P., «T. O. Bergman (1735–1784): Precursor del aislamiento del wolframio», *XX Reunión Biental de la Real Sociedad Española de Química*, Castellón de la Plana, 1984, Comunicación 3–37.
- Román, P., «El aislamiento del wolframio por los hermanos Elhuyar (1783–1983)», *Afinidad*, 1984, 41, 11.
- Román, P., «Comentario sobre los Apuntes de Juan José D'Elhuyar tomados del profesor Torbern Olof Bergman en 1782 durante su estancia en la Universidad de Upsala (Suecia)», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Año XLIII, Cuadernos 1-2-3-4, San Sebastián–Donostia, 1987, págs. 137–209.
- Román, P., «Los elementos químicos, su descubrimiento y la Bascongada», *Nuevos Extractos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Bilbao, 1996, págs. 11–49.
- Rydén, S., *D. Juan José de Elhuyar en Suecia (1781–1782) y el descubrimiento del tungsteno*, 2ª edición, Insula, Madrid, 1963.
- Silván, L., *Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII*, 2ª edición, Imprenta de la Diputación Provincial, San Sebastián, 1977.
- Silván, L., «Noticia biográfica de Don Fausto de Elhuyar y Lubice», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Cuadernos 1º y 2º, San Sebastián, 1977.
- Silván, L., «Noticias y comentarios sobre el aislamiento del wolframio», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos Elhuyar, Gobierno Vasco y Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, San Sebastián y Bergara, 1983.
- Silván, L., «Los Elhuyar y La Rioja», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos Delhuyar, Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 1983.
- Schufle, J. A., *Torbern Bergman, a man before his time*, Coronado Press Inc., Lawrence, Kansas, USA, 1985.

- Smeaton, W. A., «Torbern Olof Bergman», En Dictionary of Scientific Biography, Gillispie, C. C., editor, Charles Scribner's Sons, New York, 1985, vol. 3, págs. 4-8.
- Weeks, M. E., «The Scientific Contribution of the de Elhuyar Brothers», *J. Chem. Educ.*, 1943, 2, 413.
- Weeks, M. E., *Discovery of the Elements*, 1ª edición, aumentada y revisada, 2ª impresión, Journal of the Chemical Education, Easton, 1948.
- Weeks, M. E., *Descubrimientos y conquistas de la Química*, 2ª edición, aumentada y revisada, 2ª impresión, Manuel Marín y Cía., Barcelona, 1954.
- Whitaker, M. E., «The Elhuyar Mining Missions and the Enlightenment», *Hispanic-American Review*, 1951, 31, 557.



# COMENTARIO SOBRE LOS APUNTES DE JUAN JOSÉ D'ELHUYAR TOMADOS DEL PROFESOR TORBERN OLOF BERGMAN EN 1782 DURANTE SU ESTANCIA EN LA UNIVERSIDAD DE UPSALA (SUECIA)

Pascual Román Polo

*Trabajo presentado al concurso PREMIO «CONDE DE PEÑAFLORENDA»  
en mayo de 1986 y publicado en el Boletín de la Real Sociedad Bascongada  
de los Amigos del País, Año XLIII, Cuadernos 1-2-3-4,  
San Sebastián-Donostia, 1987, págs. 137-209.*

Corregido y revisado.

## Introducción

La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País nació el 24 de diciembre de 1764 durante el reinado de Carlos III bajo el impulso y dirección de D. Xavier María de Munibe e Idiaquez (1729-1785), octavo Conde de Peñaflorenza. Con este acto culminaban los esfuerzos de un distinguido grupo de caballeros vascos, los *caballeritos de Azkoitia*, para dotar a la Nación Bascongada de una Sociedad que creara e impulsara las Ciencias, Letras y Artes.

Los fines de esta nueva Sociedad —primera Sociedad Económica de los Amigos del País que se creó en España y que sirvió de guía y estímulo a muchas otras que aparecieron con posterioridad— se definen en el artículo 1º de sus Estatutos: «El objeto de la Sociedad es cultivar la inclinación y el gusto de la Nación Bascongada hacia las Ciencias, Bellas

Letras y Artes, corregir y pulir las costumbres, desterrar el ocio y sus funestas consecuencias y estrechar más la unión de las tres provincias Bascongadas de Alava, Vizcaya y Guipúzcoa y todo el País Vasco».<sup>1</sup>

Fiel a estos objetivos la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País inaugura el 4 de noviembre de 1776 el Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara. Primera institución científica y precursora de las actuales Facultades de Ciencias y Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros. Dos años más tarde se creó el *Laboratorium Chemicum* iniciándose los estudios de Física, Química y Metalurgia, y más tarde los de Mineralogía.

En los ambientes intelectuales del mundo civilizado del siglo XVIII apareció lo que se ha dado en llamar el «Espíritu científico»<sup>2</sup>. Los *caballeritos de Azkoitia* optaron por esta corriente del pensamiento y decidieron que la Real Sociedad Bascongada tomara tres directrices para conseguir la formación científica y técnica de los alumnos que se incorporaban al Real Seminario de Bergara.

De una parte, se contrataron profesores extranjeros de reconocido prestigio, entre ellos hay que destacar al físico francés Pierre François Chabaneau, al químico francés Joseph Louis Proust y al metalurgo y mineralogo sueco Anders Nicolau Thunborg. Los dos primeros se incorporaron el mismo año de la inauguración del *Laboratorium Chemicum* y Thunborg lo hizo en 1787.

Por otro lado, se enviaron miembros de la Real Sociedad Bascongada para que completaran su formación en los centros de investigación más cualificados de Europa. El objetivo final era preparar un profesorado propio de gran calidad que se pudiese incorporar al Real Seminario Patriótico de Bergara después de finalizada su formación científica y técnica. Entre los científicos hispanos que destacaron por su excepcional valía hay que citar a Gerónimo Mas y Fausto D'Elhuyar. Además de ellos no hay que olvidar a otros becarios ilustres: Ramón María de Munibe y Areizaga y Juan José D'Elhuyar y Lubice.

Además, la Real Sociedad Bascongada se ocupó de dotar con las instalaciones y equipos científicos apropiados al *Laboratorium Chemicum* para poder desarrollar las tareas de investigación y docencia al más alto nivel.

---

1. Estatutos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, aprobados en Junta General celebrada en Insausti de Azkoitia (Guipúzcoa) el día 23 de julio de 1779.

2. El citado «Espíritu científico» apenas existía en los ambientes culturales del siglo XVII, apareció de modo expreso y con creciente intensidad en la Francia del 1700, según afirma Emile Faguet, citado por Urquijo, J. en su libro: *Los Amigos del País*, Imprenta de la Diputación Provincial, San Sebastián, 1929, pág. 5.

Una constante preocupación desde la fundación del Seminario fue el perfeccionamiento de la técnica docente y mejora del equipo y dotación de los laboratorios. Así, después de su incorporación Thunborg escribe al Conde Nils Adam Bjelke, destacado hombre de ciencia sueco y director del Bergskollegium: «Laboratorium Chemicum... es un edificio aparte muy grande y bastante bien instalado. Instrumentos y material preciso no faltan. Cuando me hicieron el inventario me quedé grandemente sorprendido, pues no habiendo visto más que los laboratorios de Upsala y Estocolmo, me atrevo a decir que aquellos no son más que una cuarta parte en comparación con éste».<sup>3</sup>

En tan corto periodo de vida del Seminario Patriótico de Bergara (1776-1794) se produjo un acontecimiento de gran importancia para la ciencia: el descubrimiento de un nuevo elemento químico. Este hecho se produjo en 1783, cinco años después de haberse creado el Laboratorium Chemicum. Este aportación científica de gran impacto en los ambientes científicos de la época sólo puede explicarse si se tiene en cuenta la política científica seguida por la Bascongada.

Hasta el año 1782 únicamente se conocían 24 elementos químicos con la incorporación aquel mismo año del telurio descubierto por el mineralogo austriaco Franz Josef Müller<sup>4</sup>. Entre los elementos conocidos hasta entonces hay que mencionar el platino descubierto por el matemático, mineralogo y marino español Antonio de Ulloa en 1748.

A mediados del año 2000 se conocen 115 elementos químicos. El elemento vigesimosquinto fue aislado en el Laboratorium Chemicum de Bergara en 1783 por los hermanos Juan José y Fausto D'Elhuyar Lubice<sup>5</sup>. Además de las excelentes condiciones creadas por la Bascongada se dieron cita una serie de circunstancias fortuitas que posibilitaron este hallazgo científico en el País Vasco.

---

3. Silván, L., *Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII*, 2ª ed., Imprenta de la Diputación Provincial, San Sebastián, 1977, pág. 125.

4. Asimov, I., *La Búsqueda de los Elementos*, 1ª ed., Plaza & Janés, S.A., Barcelona, 1983, págs. 63-64.

5. Luyart, J. J. de y Luyart, F. de, «Análisis químico del volfram, y exàmen de un nuevo metal que entra en su composicion», *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vitoria, septiembre 1783, págs. 46-88.

## Los Apuntes de Juan Jose D'Elhuyar

Una vez instalado Juan D'Elhuyar en Logroño como cirujano y tras quedar viudo quiso que sus hijos Juan José y Fausto adquirieran una esmerada educación y tras cursar estudios básicos en Logroño y Oyón envió a a su hijos a estudiar a Francia. Los hermanos D'Elhuyar se desplazaron a París para cursar estudios de Matemáticas, Física, Química y Ciencias Naturales<sup>6</sup>. Siguieron los cursos del Jardín des Plantes y del College Royal, donde frecuentaron las clases de dos ilustres profesores, Hilaire Marin Rouelle y Jean D'Arcet, y terminaron sus estudios hacia finales de 1777. En París conocieron al hijo del Conde de Peñafiorida, Antonio de Munibe y Areizaga, y a Francisco Javier de Eguía, hijo del Marqués de Narros. El Conde de Peñafiorida era el Director de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y el Marqués de Narros el Secretario perpetuo de dicha Sociedad.

El Gobierno español hacía mucho tiempo que había descuidado la fabricación de cañones para la flota y los importaba de la factoría escocesa de Carron. El Marqués González de Castejón, Ministro de Marina, bajo cuya influencia se creó el Seminario Patriótico y se fundó y dotaron las cátedras de Química y Mineralogía, y el Laboratorium Chemicum<sup>7</sup>, estaba muy interesado en reconstruir la industria de armas en España, por consejo de su amigo José Domingo de Mazarredo se dirigió a la Bascongada para encubrir la operación de espionaje industrial-militar bajo un proyecto de desarrollo científico. El Marqués de Castejón prefería el sistema de vaciado en hueco para la fabricación de cañones y estaba buscando a alguien con conocimientos técnicos para enviarlo a Alemania y Suecia para aprender el método. Peñafiorida y Narros a su vez se dirigieron a sus hijos que se hallaban en París y les indican que el «sujeto científico», es decir, el espía que buscan es Juan José D'Elhuyar.

En 1778 eran admitidos los dos hermanos D'Elhuyar como socios de la Bascongada y el 1 de octubre de ese mismo año Fausto era nombrado Profesor de Mineralogía del Real Seminario Patriótico de Bergara.

El Marqués González de Castejón decidió compensar a la Sociedad Bascongada creando una segunda beca que se concedió a Fausto. Los dos hermanos debían viajar como miembros de la Real Sociedad Bascongada y no debían descubrir la verdadera naturaleza de su misión. Uno de los

6. Silván, L., «Noticia biográfica de Don Fausto de Elhuyar y Lubice», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Cuadernos 1º y 2º, San Sebastián, 1977, págs. 1-51.

7. *Resumen de las Actas de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Juntas Generales, Sección Primera, Vitoria, Septiembre 1783, págs. 3-4.

principales objetivos era la visita a la fábrica escocesa de cañones de Carron, donde se fabricaban los cañones para la armada inglesa.

En abril de 1778 inician juntos los dos hermanos un viaje de formación científica por Europa que les conduce a Freiberg en Sajonia. Aquí estudian en su famosa Escuela de Minas con los prestigiosos profesores: Werner (Mineralogía y Geología), Carpentier (Matemáticas, Física y Química), Geller (Química metalúrgica), Rechster (Geometría subterránea), Ubern (Laboreo de minas) y Klotsch (Docimasia).

Finalizados sus estudios en abril de 1781 recorren varios países europeos visitando sus minas y fundiciones. La Sociedad Bascongada envía una carta a Fausto en octubre de 1781 reclamándole para que se incorpore a su puesto de Profesor de Mineralogía y Metalurgia en Bergara.

Juan José y Fausto se despiden, el primero se dirige a Suecia, a donde llega en diciembre de 1781 y Fausto se encamina hacia Bergara. En enero de 1782 se le encuentra impartiendo sus clases en el Real Seminario Patriótico.

En esta época España e Inglaterra estaban en guerra por lo que Juan José no pudo ir a Escocia para obtener los informes sobre la fabricación de los cañones de Carron. Un nuevo cañón sueco había despertado gran interés, de modo que la Real Sociedad Bascongada autorizó a Juan José para que realizara un viaje a Suecia. Por ello se dirigió a este País atraído por la fama del gran químico sueco Torbern Olof Bergman, profesor de la Universidad de Upsala.

Es muy importante recalcar que Juan José fue solo a Upsala. Durante la primera mitad del presente siglo algunos autores, como Gálvez-Cañero y Fagés y Virgili, han sostenido que fueron los dos hermanos quienes siguieron el curso de Bergman, mientras que Moles pretende que sólo lo hizo Fausto.<sup>8</sup> Sin embargo, los historiadores Mary Elvira Weeks<sup>9</sup>; Arthur P. Whitaker<sup>10</sup> y Stig Rydén<sup>11</sup> han demostrado que únicamente Juan José visitó Suecia.

Juan José permaneció en Suecia desde diciembre de 1781 hasta julio de 1782. Juan José vino a Suecia acompañado de un francés, presidente de la «chambre des comptes» de Dijon, el Sr. Charles André Hector de

---

8. Rydén, S., *Don Juan José de Elhuyar en Suecia (1781-1782) y el descubrimiento del tungsteno*, 2ª ed., Insula, Madrid, 1963, págs. 10-11.

9. Weeks, M. E., *Discovery of the Elements*, First edition, enlarged and revised, second printing, Easton, 1948, págs. 123 y 144, respectivamente. En una edición posterior, la sexta, aparecida en 1956, la autora atribuye a Juan José D'Elhuyar la mayor parte del honor del descubrimiento del wolframio.

10. Whitaker, A. P., «The Elhuyar Mining Missions and the Enlightenment», *Hispanic-American Historical Review*, November 1951, págs. 557 y sig.

11. Rydén, S., *Obra citada*, págs. 14 y 68.

Virly. El propio Bergman indica cual fue el objeto del curso realizado junto a él:

«Junto con el Sr. de Virly, y con el mismo objeto vino a Upsala el Sr. de Luyarte, de España y no solamente terminaron 'privatissime' todo un curso de alta química, sino que también siguieron otras clases privadas, en el arte de la Docimasia, concluyendo cada uno los 'ensayes' que les fueron puestos delante. Se quedaron hasta clausurado el semestre.»<sup>12</sup>

Al final del curso Juan José D'Elhuyar y el Sr. de Virly visitaron a Carl Wilhelm Scheele durante dos días en Köping. En carta fechada en Köping el 5 de julio de 1782 y dirigida a Bergman dice Scheele: «Los señores extranjeros estuvieron conmigo dos días; me fue muy grato de veras conversar con ellos sobre asuntos químicos; y es que no eran nada inexpertos en la materia...».<sup>13</sup>

Durante su estancia en Suecia Juan José tuvo ocasión de profundizar en sus conocimientos de «alta química», Docimasia y «ensayes» como refiere el propio Bergman. Este curso y las discusiones con Scheele son las claves del descubrimiento del wolframio y que su hermano Fausto desconocía.

Bergman había intuido que la «piedra pesada» contenía, entre otras cosas, un nuevo metal sin descubrir todavía y así lo comunica a la Real Academia Sueca de Ciencias (Actas de abril-junio de 1781) en su comentario al trabajo realizado por Scheele sobre los componentes de la «piedra pesada» titulado: «Tilläggnig om Tungsten», o sea, «Addenda sobre la Piedra Pesada». En el curso recibido por Juan José se refiere al «acide tungustique», su forma de obtenerlo y sus diferencias con el ácido molíbdico. Sin embargo, no cita el modo de obtener el nuevo metal. Este hallazgo estaba reservado a los hermanos D'Elhuyar.

Juan José visitó Noruega y Dinamarca y después de permanecer una larga temporada en Francia, regresó a Bergara a finales de mayo o principios de junio de 1782 creyendo que se apreciaría su esfuerzo y se utilizarían sus amplios conocimientos científicos y técnicos<sup>14</sup>. El Ministro de Marina estaba molesto con Juan José porque no había completado sus estudios con la celeridad que exigía el Marqués para luego visitar las fábricas de cañones de Carron. Más tarde, se enojó porque la Real Sociedad Bascongada autorizó a Juan José que continuara sus estudios en Suecia motivando un mayor retraso y más gastos que el Marqués González de Castejón se negó a abonar a la Bascongada, pero cuando se enteró que Juan José después de sus viajes se inclinaba por el método más moderno de

12. Rydén, S., Obra citada, págs. 17-18.

13. Nordenskiöld, A. E., *Carl Wilhelm Scheele. Bref och anteckningar*, Stockholm, 1892, pág. 353.

14. Caycedo, B. J., «El sabio D'Elhuyar», *Berceo*, 1964, 71, 151-188.

fusión sólida para la fabricación de cañones y abandonaba el antiguo de vaciado en hueco que propugnaba el Ministro de Marina ya no pudo reprimirse e interrumpió unilateralmente la misión de espionaje<sup>15</sup>. Juan José se reunió en Bergara con su hermano Fausto que desde finales de 1782 impartía clases en las cátedras de mineralogía y metalurgia del Real Seminario Patriótico Bascongado.

Los Apuntes tomados por Juan José D'Elhuyar de las clases impartidas por Torbern Olof Bergman en 1782 fueron publicados por vez primera por Fredga y Rydén en la revista *Lychnos* en el año 1959<sup>16</sup> al poco tiempo de ser descubiertos en Bogotá por D. Bernardo J. Caycedo<sup>17</sup>. El manuscrito se halla actualmente en la Biblioteca Nacional de Colombia, Sección Pineda N° 162, págs. 75 y siguientes, Sala de Libros Raros y Curiosos. Existe una copia microfilmada en la Biblioteca de la Academia Real de Ciencias de Suecia, de donde hemos obtenido una copia impresa para realizar el presente trabajo. Además se solicitó de la Biblioteca Nacional de Colombia una copia microfilmada del manuscrito de Juan José D'Elhuyar para un mejor estudio del texto.

Fredga y Rydén realizaron una muy correcta transcripción de los Apuntes que están escritos en francés. Los Apuntes han sido recientemente traducidos al inglés por Schufle<sup>18</sup> formando parte del libro que estaba preparando en 1984 sobre la biografía de Torbern Bergman y que apareció publicado en 1985.

En el presente trabajo se incluye la traducción de los Apuntes al español y se comentan extensamente los términos químicos que en él aparecen para que puedan ser entendidos con el lenguaje químico actual. Se ha realizado una traducción literal del texto y se da su significado en castellano actual a través de las notas al final del mismo.

Los Apuntes tienen un gran valor científico ya que corresponden a un curso avanzado de la química seguida por los alumnos de la escuela de Bergman. En ellos se recogen los modernos conocimientos químicos de la escuela sueca, a cuya cabeza figuraba el profesor Bergman y ayudado por destacados colaboradores entre los que hay que mencionar al insigne químico y farmacéutico Scheele. La escuela de Bergman era partidaria de la teoría del flogisto como queda reflejado en los Apuntes. La escuela sueca

---

15. Whitaker, A. P., Obra citada, pág. 572.

16. Fredga, A. y Rydén, S., «Juan José D'Elhuyar Notes on the Lectures of Torbern Olof Bergman», *Lychnos*, 1959, 161-208.

17. Caycedo, B. J., *D'Elhuyar y el siglo XVIII Neogranadino*, Ediciones de la revista *Ximénez de Quesada*, Vol. XXIII. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, Bogotá, 1971.

18. (a) Schufle, J. A., Comunicación privada (15 de noviembre de 1984); (b) Schufle, J. A., *Torbern Bergman, a man before his time*, Coronado Press Inc., Lawrence, Kansas, USA, 1985.

estaba enfrentada con la francesa al frente de la cual habría que situar a Antoine Laurent de Lavoisier. Se puede establecer una comparación entre los Apuntes de Juan José D'Elhuyar y la obra de Lavoisier «*Traité Elementaire de Chimie*» publicado en 1789.

La teoría del flogisto es exaltada y empleada para explicar los conocimientos químicos por Bergman hasta situaciones increíbles. Por ejemplo, cuando corrige a Priestley —el químico inglés al que se le reconoce el descubrimiento del oxígeno y partidario de la teoría del flogisto— por llamar al oxígeno aire desflogistizado ya que puede inducir a error puesto que está flogistizado, por ello Bergman apunta el nombre de aire vital para este elemento.

Como demostró Lavoisier la teoría del flogisto era incorrecta. Sin embargo, el mérito indiscutible de Bergman fue el de crear una escuela que utilizando una teoría errónea permitió el descubrimiento de seis nuevos elementos —el nitrógeno, oxígeno y cloro por Scheele, el manganeso por Gahn, el molibdeno por Hjelm y el wolframio por Juan José D'Elhuyar— y otras importantes aportaciones científicas en el campo de la Química. El descubrimiento del nitrógeno, oxígeno y cloro fue realizado por Scheele, sin embargo, por el retraso en publicar sus descubrimientos por parte de su editor hizo que estos nuevos elementos se atribuyeran a otros investigadores que aunque los obtuvieron más tarde se adelantaron en su publicación. Así, el descubrimiento del nitrógeno se atribuye al escocés Daniel Rutherford y el del oxígeno al inglés Joseph Priestley.

Los Apuntes de Juan José D'Elhuyar tienen el título en castellano y el resto está escrito en francés con algunos errores y se halla salpicado de palabras en español. Es evidente que estos Apuntes no pudieron tomarse directamente en las clases de Bergman por la cuidada caligrafía que se aprecia en ellos. Parece que Juan José los escribió de nuevo a su regreso a Bergara y que incluso cometió un error cuando al referirse al año de 1782 copia el año en curso de 1783, cuando escribe: «este año de 1783 el frío ha sido en Torneau de 52 grados y el mercurio no se ha congelado».

El manuscrito tiene bastantes errores de puntuación, faltan puntos, comas, puntos y comas; después de un punto en muchas ocasiones comienza con letras minúsculas. En otros casos sobran estos mismos signos de puntuación. Generalmente, las palabras que empiezan por c y v las escribe con letras mayúsculas aunque no estén al comienzo de una frase ni sean nombres propios. Hay aspectos curiosos como cuando se refiere a los ingleses lo hace con mayúsculas, mientras que cuando hace lo propio con los franceses lo escribe con minúsculas.

Se han tratado de plasmar en la traducción todos estos aspectos y se ha realizado literalmente. Cuando se han producido pérdidas de palabras

o signos de puntuación se indica metiéndolos entre corchetes [ ], si sobra alguna palabra se indica por paréntesis ( ), las palabras que están situadas detrás de un punto y aparecen en el manuscrito con letras minúsculas se han recogido del mismo modo porque no supone ninguna dificultad a la hora de entender el texto, otro tanto se ha hecho con las palabras que escribe con mayúsculas aunque deban ir en letras minúsculas.

En las notas del autor se ha seguido el criterio de reflejar la traducción literal del texto junto con el texto francés del que procede y la traducción al castellano actual. Para ello se han utilizado las siguientes abreviaturas: (t.l.), (f.t.) y (c.a.), respectivamente.

Los números que aparecen entre corchetes, [ ], indican el final de cada página del manuscrito y se ha conservado la misma numeración que establecieron Fredga y Rydén y han mantenido Johnson y Schufle, aunque no se corresponde con la del manuscrito. Se aprecian tres saltos en dicha numeración que corresponden a las páginas 76–99; 114–77 y 98–115. Los Apuntes acaban en la página 116 según esta numeración.

Los Apuntes están divididos en partes o capítulos aunque no figuren especificados. Las partes que se tratan en este curso de química son:

- |                    |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|
| 1. Ácidos          | 10. Éter                             |
| 2. Alcalis         | 11. Carbón                           |
| 3. Sales neutras   | 12. Hollín                           |
| 4. Sales metálicas | 13. Pólvora fulminante               |
| 5. Tierras         | 14. Metales                          |
| 6. Azufre          | 15. Agua y calor                     |
| 7. Piróforo        | 16. Efectos del calor en los cuerpos |
| 8. Aceites         | 16. Calor                            |
| 9. Alcanfor        | 17. Aire                             |

Por el contenido del temario, bien podría decirse que se trata de un curso completo de química en el que se aborda el estudio sistemático de los elementos y los compuestos orgánicos e inorgánicos descubiertos hasta entonces junto con los aspectos más importantes de la teoría del calor. Es un curso moderno donde se exponen las últimas teorías y experimentos más recientes sobre la química. Hay citas bibliográficas referidas a publicaciones del propio Bergman o de otros autores, incluso de Lavoisier con quien mantenía una batalla científica. La primera vez que se refiere a él dice: «La experiencia de Mr. Lavoisier que pretende que el ácido Vitriólico se carga en la combustión [del] azufre de aire desflogistizado se explica fácilmente por

nuestra teoría[.] El aire Vital se carga en la combustión del azufre con el flogisto de éste y entra en la composición del ácido Vitriólico como materia del calor que Aumenta el peso del ácido.»

Como puede verse en esta cita las dos concepciones que pugnaban por explicar los hechos experimentales en Química están recogidos con gran claridad: la teoría del flogisto —defendida por Bergman— frente a la teoría de la combustión u oxidación —defendida por Lavoisier. En la correspondencia de Bergman con investigadores extranjeros no se encuentra Lavoisier, sin embargo, los correspondientes extranjeros se refieren al químico francés en 22 ocasiones.

APUNTES HECHOS POR D<sup>n</sup> JUAN JOSEF D.'ELHUYAR  
EN EL CURSO DE QUIMICA PARTICULAR QUE  
SIGUIO EN EL AÑO DE 1782 EN LA UNIBERSIDAD  
DE UPSALA EN SUECA. CON EL PROFESOR  
MR. BERGMAN<sup>1</sup> SOBRE LOS NUEBOS  
DESCUBRIMIENTOS EN DHA CIENCIA

---

1°.

Acido Nitroso<sup>2</sup>

El ácido nitroso desprovisto de flogisto<sup>3</sup> es blanco, si se le expone al sol (.) toma Color, que proviene del flogisto contenido en la luz que el ácido descompone. El flogisto debilita este ácido como se ve en el nitro<sup>4</sup> fundido al rojo[,] del cual el ácido del vinagre<sup>5</sup> desprende el ácido nitroso, y si se le mantiene (.) durante algún tiempo en este estado de fusión, se descompone por si mismo y no queda más que el álcali.

---

<sup>1</sup> Torbern Olof Bergman (1735–1784). Químico y naturalista sueco. Discípulo de Linneo. Profesor de Matemáticas en 1761 y profesor de Química y Mineralogía de la Universidad de Upsala en 1768. Fue miembro de las principales Academias científicas europeas. Entre sus aportaciones científicas más importantes se encuentran la elaboración de unas pormenorizadas tablas de afinidades (atracciones electivas), el intento de determinar la cantidad de flogisto existente en los metales, la clasificación de los minerales por su composición química, el inicio de una nomenclatura sistemática, etc. Fue uno de los grandes científicos que defendió la teoría del flogisto. El no descubrió ningún nuevo elemento pero sí lo lograron sus discípulos y colaboradores (Gahn, Hjelm, Juan José D'Elhuyar y Scheele).

<sup>2</sup> Acido nitroso (t.l. = traducción literal) = acide nitreux (f.t. = francés del texto) = ácido nítrico (c.a.=castellano actual). HNO<sub>3</sub> (Fórmula química).

<sup>3</sup> Flogisto (t.l.) = phlogistique (f.t.) = flogisto (c.a.).

La teoría del flogisto fue desarrollada por Georg Ernst Stahl (1660–1734), médico y químico alemán, basándose en las ideas del alquimista Johan Joachim Becher (1635–1682), médico y químico alemán, éste concebía a las sustancias minerales como compuestos de tres «tierras»: tierra vitrificable (*terra vitrescible*), tierra mercurial (*terra fluida*) y tierra combustible (*terra pinguis*). Cuando una sustancia ardía pensaba que se desprendía la tierra combustible. A partir de este concepto elaboró Stahl su teoría del flogisto. Esta teoría conocida también como «sublime teoría» supone que toda sustancia combustible, tal como un metal, contiene un «principio inflamable» denominado posteriormente el flogisto. En la combustión se desprende el flogisto con acompañamiento de luz y calor y queda un residuo, la ceniza o «cal» del cuerpo combustible. Esta teoría aunque falsa tiene el mérito de ser la primera teoría capaz de coordinar el conjunto de los fenómenos esenciales de la combustión y la reducción, sugirió nuevas investigaciones y permitió diversos descubrimientos.

El gas nitroso<sup>6</sup> no es más que ácido nitroso casi saturado de flogisto.[1]

El nitro proviene del aire desflogistizado<sup>7</sup> contenido en las plantas y en los animales, Pues el aire desflogistizado no es más que el ácido nitroso Combinado con una mayor cantidad de flogisto que en el gas nitroso, y que se retira del aire desflogistizado del nitro sin adición de flogisto.

### Del ácido Marino<sup>8</sup>

La insolubilidad de los metales en el ácido marino proviene de que el flogisto del metal no puede ser separado en parte por Este ácido, lo que sin embargo es necesario para que la disolución pueda tener lugar [.] Este ácido contiene flogisto en su Composición.

El oro se disuelve en el ácido nitroso concentrado haciéndole hervir hasta la pérdida de un cuarto.

### Acido espático<sup>9</sup>

El ácido espático y la tierra Calcárea<sup>10</sup> forman el espato flúor<sup>11</sup>. Este ácido disuelto en el agua, puede ser separado por la simple ebullición: El flogisto contenido [3] en el espato parece dar a este ácido la propiedad expansiva, además de la tierra Calcárea se encuentra en el espato flúor un poco de arcilla<sup>12</sup> y muy poco y alguna vez nada de tierra Vitrificable<sup>13</sup>; pero

<sup>4</sup> Nitro (t.l.) = nitro (f.t.) = nitro o nitrato potásico (c.a.).  $\text{KNO}_3$ .

<sup>5</sup> Acido del vinagre (t.l.) = acide du vinaigre (f.t.) = ácido acético (c.a.).  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ .  
Más adelante Bergman se refiere al vinagre como ejemplo de un ácido sutil.

<sup>6</sup> Gas nitroso (t.l.) = gas nitreux (f.t.) = dióxido de nitrógeno (c.c).  $\text{NO}_2$ .

<sup>7</sup> Aire desflogistizado (t.l.) = air dephlogistiqué (f.t.) = oxígeno (c.a.).  $\text{O}_2$ . <sup>8</sup> Acido marino (t.l.) = acide marin (f.t.) = cloruro de hidrógeno o ácido clorhídrico (c.a.).  $\text{HCl}$ .

<sup>9</sup> Acido espático (t.l.) = acide spatique (f.t.) = fluoruro de hidrógeno o ácido fluorhídrico (c.a.).  $\text{HF}$ .

<sup>10</sup> Tierra calcárea (t.l.) = terre calcaire (f.t.) = óxido de calcio (c.a.).  $\text{CaO}$ .

<sup>11</sup> Espato flúor (t.l.) = spat fluor (f.t.) = espato flúor, fluorita o fluoruro de calcio (c.a.).  $\text{CaF}_2$ .

<sup>12</sup> Arcilla (t.l.) = argille (f.t.) = arcilla (c.a.).

El término «arcilla» se aplica a una mezcla de sustancias producida por la meteorización de rocas silíceas que contienen feldespato,  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ . Por la acción del agua y del dióxido de carbono, se va eliminando lentamente el potasio con una parte de la sílice, y se forma un aluminosilicato hidratado natural, puro o impurificado por compuestos de hierro y carbonatos de calcio y magnesio. Cuando la roca que sufre esta descomposición es feldespato puro, el resultado es un mineral blanco plástico, llamado caolín o arcilla de China,  $\text{Al}_2\text{H}_2(\text{SiO}_4)_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>13</sup> Tierra vitrificable (t.l.) = terre vitrescible (f.t.) = tierra vitrificable, tierra silícea o sílice (c.a.).  $\text{SiO}_2$ .

estas materias no son esenciales en su composición del mismo modo que el hierro<sup>14</sup> que se encuentra casi siempre en él.

### Acido Arsenical<sup>15</sup>

El ácido arsenical Combinado con una cierta cantidad de flogisto forma el arsénico blanco<sup>16</sup>; poniendo 1 parte de manganesa<sup>17</sup> y 3 de ácido marino en una retorta de vidrio, adaptando un recipiente con 1/4 parte de arsénico blanco<sup>18</sup>, el ácido desflogistizado que pasa toma el flogisto del arsénico<sup>19</sup>, y destilando lo que ha pasado al recipiente, el ácido arsenical queda en la retorta. se puede también obtener este ácido poniendo 2 partes de arsénico blanco pulverizado en una retorta con 7 partes de ácido marino medianamente fuerte; se hace hervir ligeramente esta mezcla. se echan enseguida 3 1/2 partes de ácido nitroso mediano, y después de haberlo [4] hecho hervir hasta que no salgan más vapores rojos, se añade de nuevo 1 parte del mismo ácido: cuando éste se ha disipado se vuelve a poner 1 1/2 parte, y se continua la ebullición hasta que no aparezcan más Vapores rojos; se puede reponer en la retorta lo que pasa al recipiente a medida que se renueva el ácido nitroso. Por último el residuo de la retorta se evapora en una redoma hasta sequedad y al rojo y lo que queda es el ácido arsenical. El ácido arsenical puede formar con el álcali Vegetal<sup>20</sup> sales con exceso de ácido o álcali, y del mismo [modo] con álcali Volátil<sup>21</sup>, pero éste no ocurre con el álcali mineral<sup>22</sup>.

### Acido Molíbdico<sup>23</sup>

Para obtener el ácido molíbdico se pulveriza la molibdena<sup>24</sup> mezclándola con tartrato vitriolado<sup>25</sup> que se separa enseguida con el agua

<sup>14</sup> Hierro (t.l.) = fer (f.t.) = hierro (c.a.). Fe.

<sup>15</sup> Acido arsenical (t.l.) = acide arsenical (f.t.) = ácido arsénico o tetraoxoarseniato(V) de hidrógeno (c.a.).  $H_3AsO_4$ .

<sup>16</sup> Arsénico blanco (t.l.) = arsenique blanc o arsenic blanc (f.t.) = arsénico blanco u óxido de arsénico (III) (c.a.).  $As_2O_3$ .

<sup>17</sup> Manganesa (t.l.) = manganese (f.t.) = manganesa o dióxido de manganeso (c.a.).  $MnO_2$ .

<sup>18</sup> Acido desflogistizado (t.l.) = acide dephlogistiqué (f.t.) = ácido desflogistizado (c.a.).

<sup>19</sup> Arsénico (t.l.) = arsenic (f.t.) = arsénico (c.a.).  $As_4$ .

<sup>20</sup> Alcali vegetal (t.l.) = alcali vegetal (f.t.) = carbonato de potasio (c.a.).  $K_2CO_3$ .

<sup>21</sup> Alcali volátil (t.l.) = alcali volatil (f.t.) = amoniaco (c.a.).  $NH_3$ .

<sup>22</sup> Alcali mineral (t.l.) = alcali mineral (f.t.) = carbonato de sodio (c.a.).  $Na_2CO_3$ .

<sup>23</sup> Acido molíbdico (t.l.) = acide molibdique (f.t.) = ácido molíbdico (c.a.).  $H_2MoO_4$ .

<sup>24</sup> Molibdena (t.l.) = molybdene (f.t.) = molibdenita o sulfuro de molibdeno (IV) (c.a.).  $MoS_2$ .

<sup>25</sup> Tartrato vitriolado (t.l.) = tartre vitriolé (f.t.) = sulfato de potasio (c.a.).  $K_2SO_4$ .

hirviendo, se pone este polvo en una retorta con 4 partes de ácido nitroso, se hace hervir la mezcla, y cuando el ácido nitroso ha pasado al recipiente se repone la misma Cantidad de ácido nuevo [5] y se repite esta operación 4 ó 5 veces, el residuo blanco es el ácido molíbdico, se le lava en agua para separar de él el ácido Vitriólico<sup>26</sup> procedente de la descomposición del azufre<sup>27</sup>, y se le deja secar. se puede separar este ácido por otro método; se toman 4 partes de salitre<sup>28</sup> y 1 de molibdena, se hace detonar la mezcla en un Crisol; lo que queda es rojizo, se le disuelve en el agua, y queda un pequeño residuo de hierro, se evapora la disolución y se obtiene tartrato vitriolado y nitro, y queda un licor<sup>29</sup> que no cristaliza, contiene ácido molíbdico combinado con el álcali del nitro<sup>30</sup>. se precipita el ácido por el ácido vitriólico débil, el precipitado blanco es ácido molíbdico [,] se le lava con agua para purificarlo. Este ácido funde al soplete y se vuelve blanco o azulado, y es absorbido por el carbón<sup>31</sup>; con la sal microcósmica<sup>32</sup> da un Color verde hierba, difiere del que da el hierro con la misma sal en que éste no es Constante; con el bórax<sup>33</sup> forma un vidrio de Color violeta [6] el cual por reflexión es grisáceo. El ácido obtenido por el 2°. método es menos puro porque retiene un poco de álcali. El del 1°. necesita 600 partes de agua para ser disuelto, y El del 2°, 4 partes. El primero se volatiliza al fuego, pero no el último, este ácido tiene un sabor ácido un poco metálico. El que Contiene menos álcali, enrojece la tintura de tornasol<sup>34</sup>, precipita el hígado de azufre<sup>35</sup>, enturbia el agua de jabón; El ácido vitriólico y el marino disuelven este ácido, y se vuelve azul cuando se hace evaporar la disolución, ésta parece provenir de un poco de flogisto que esta materia contiene. Este ácido

<sup>26</sup> Acido vitriólico (t.l.) = acide vitriolique (f.t.) = ácido sulfúrico (c.a.).  $H_2SO_4$ .

<sup>27</sup> Azufre (t.l.) = safre o soufre (f.t.) = azufre (c.a.).  $S_8$ .

<sup>28</sup> Salitre (t.l.) = salpêtre (f.t.) = salitre o nitrato potásico (c.a.).  $KNO_3$ .

<sup>29</sup> Licor (t.l.) = liquiur o liqueur (f.t.) = disolución (c.a.).

<sup>30</sup> Alkali del nitro (t.l.) = alcali du nitre (f.t.) = hidróxido de potasio (c.a.). KOH.

<sup>31</sup> Carbón (t.l.) = charbon (f.t.) = carbón o carbono (c.a.). C.

<sup>32</sup> Sal microcósmica (t.l.) = sel microcosmique (f.t.) = Hidrogenofosfato de sodio y amonio tetrahidratado(c.a.).  $Na(NH_4)HPO_4 \cdot 4H_2O$ .

<sup>33</sup> Bórax (t.l.) = borax (f.t.) = bórax o tetraborato de sodio decahidratado (c.a.).  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ .

<sup>34</sup> Tintura de tornasol (t.l.) = teinture de tournesol (f.t.) = tintura de tornasol (c.a.).

Disolución acuosa de tornasol que tiene la propiedad de enrojecer en contacto con los ácidos y azullear en contacto con las bases.

<sup>35</sup> Hígado de azufre (t.l.) = foie de soufre (f.t.) = polisulfuro de potasio (c.a.).  $K_2S_n$ .

El hígado de azufre o polisulfuro de potasio resulta de la fusión del carbonato de potasio y del azufre en un vaso cerrado.

puro descompone en parte las sales Vitriólicas<sup>36</sup>, marinas<sup>37</sup>, y nitrosas<sup>38</sup>, pero El que contiene el álcali no lo hace. su peso específico<sup>39</sup> es de 1 a 3.461: está en forma Concreta, y Colorea la sal microcósmica y el Bórax; lo que no hacen los ácidos no metálicos, el álcali flogistizado<sup>40</sup> lo precipita como un polvo pardo, se le puede combinar con el azufre, y si se hace la operación en una Retorta, pasa al recipiente un poco de ácido sulfuroso<sup>41</sup>: un Alumno de Bergman<sup>42</sup> ha encontrado el medio de reducirlo a metal [7] y el Régulo metálico no tenía ninguna semejanza con los metales Conocidos.

### Acido tungústico<sup>43</sup>

La piedra pesada<sup>44</sup> está Compuesta de un ácido particular de tierra Calcárea, de un poco de tierra vitrificable y de 1/2 por ciento de hierro. se separa el ácido haciendo fundir en un Crisol 1 parte de Esta piedra con 4 de álcali: se disuelve el producto en el agua, y queda un polvo blanco que es Calcáreo y que el ácido nitroso disuelve en parte; lo que queda es la piedra pesada no descompuesta, y un poco de tierra Vitrificable, procediendo como más arriba hasta la completa descomposición, se obtiene cerca del 2 por ciento de tierra vitrificable, y no es seguro que no provenga del álcali, el hierro es precipitado de la disolución ácida por el álcali flogistizado del cual 6 partes contienen 1 de hierro. se precipita la tierra Calcárea por medio de un álcali, y el ácido pesado<sup>45</sup> de la disolución alcalina por el ácido Vitriólico. Este ácido está en polvo [8] blanco que es preciso edulcorar<sup>46</sup> para separar las partes heterogéneas; se puede separar también este ácido por otro método, que consiste en poner en digestión 3 partes de ácido nitroso o

<sup>36</sup> Sales vitriólicas (t.l.) = sels vitrioliques (f.t.) = sulfatos (c.a.).  $\text{SO}_4^{2-}$ .

<sup>37</sup> Sales marinas (t.l.) = sels marins (f.t.) = cloruros (c.a.). Cl<sup>-</sup>.

<sup>38</sup> Sales nitrosas (t.l.) = sels nitreux (f.t.) = nitratos (c.a.).  $\text{NO}_3^-$ .

<sup>39</sup> Peso específico (t.l.) = pesanteur spécifique (f.t.) = peso específico (c.a.).

Relación entre el peso y el volumen de un cuerpo.

<sup>40</sup> Alkali flogistizado (t.l.) = alcali phlogistiqué (f.t.) = álcali flogistizado (c.a.).

<sup>41</sup> Acido sulfuroso (t.l.) = acide sulfurieux o sulfurieux (f.t.) = ácido sulfuroso (c.a.).  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

<sup>42</sup> Peter Jacob Hjelm (1746-1813). Químico sueco y alumno de Bergman, aisló por primera vez el molibdeno en 1781.

<sup>43</sup> Acido tungústico (t.l.) = acide tungustique (f.t.) = ácido wolfrámico (c.a.).  $\text{H}_2\text{WO}_4$ .

<sup>44</sup> Piedra pesada (t.l.) = pierre pesante (f.t.) = scheelita o wolframato de calcio (c.a.).  $\text{CaWO}_4$ .

<sup>45</sup> Piedra pesada deriva de las voces suecas tung y sten. Los países de habla anglosajona han derivado el nombre del elemento de ellas, sin embargo sus descubridores —los hermanos D'E'lhuyar— propusieron el nombre de volfram en el año 1783.

<sup>46</sup> Acido pesado (t.l.) = acide pesant (f.t.) = ácido wolfrámico (c.a.).  $\text{H}_2\text{WO}_4$ .

<sup>46</sup> Edulcorar (t.l.) = edulcorer (f.t.) = diluir (c.a.).

marino con 1 de piedra pesada [.] ella toma (,) sobre todo con el ácido un Color amarillo: se disuelve enseguida Este polvo amarillo en el álcali Volátil Caústico<sup>47</sup>, con el cual el ácido Pesado se combina, el residuo es tratado de la misma manera, se separa enseguida el ácido pesado del álcali volátil por otro ácido. El peso específico de Este ácido es de 3 a 6, enrojece la tintura de tornasol; 1 parte se disuelve en 20 partes de agua hirviendo. El agua de cal<sup>48</sup> es precipitada por este ácido, y se forma de la piedra pesada: el ácido Vitriólico le hace azulear: cuando se le calcina pierde su solubilidad, pero si se le calcina con el aceite de lino<sup>49</sup> el polvo se vuelve negro y se hace soluble. El azufre no se combina con Este ácido, este ácido disuelve el hierro, el estaño<sup>50</sup> y el Cinc<sup>51</sup> con los cuales toma un Color azul: se precipita con el álcali flogistizado en polvo blanco soluble, da a la sal microcósmica un color azul sin enrojecer en lo que difiere del Cobalto<sup>52</sup>: este Color [9] desaparece en la llama exterior o añadiendo un poco de nitro: si se aumenta la cantidad de ácido el vidrio se vuelve parduzco y no se altera en ninguna de las llamas.

El Bórax toma un Color casi azul, lo que proviene del ácido que está más comprometido en su base que el ácido fosfórico<sup>53</sup>. este ácido difiere del de la molibdena en que no es Volátil, y no se funde en un Crisol cerrado, que no se combina con el azufre, que el álcali flogistizado lo precipita como un polvo blanco, y que Combinado con la tierra Calcárea amarillea, con el ácido marino y el nitroso, esta sal Calcárea se descompone en sus dos ácidos, y el ácido pesado se precipita, el ácido molíbdico unido a la misma base no se precipita con estos ácidos, queda disuelto, el ácido pesado forma con la tierra pesada<sup>54</sup> una sal insoluble, descompone la sal molíbdica<sup>55</sup> en base de tierra pesada, este ácido parece metálico por su densidad [,] sabor metálico, y precipitación por el álcali flogistizado. [10]

<sup>47</sup> Alkali volátil caústico (t.l.) = alcali volatil caustique (f.t.) = amoniaco (c.a.).  $\text{NH}_3$ .

<sup>48</sup> Agua de cal (t.l.) = eau de chaux (f.t.) = agua de cal o hidróxido de calcio (c.a.).  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

<sup>49</sup> Aceite de lino (t.l.) = huile de lin (f.t.) = aceite de linaza (c.a.).

La linaza es la simiente del lino que prensada desprende un aceite secante que se emplea en la fabricación de pinturas y barnices. Los aceites son compuestos de carbono e hidrógeno.

<sup>50</sup> Estaño (t.l.) = etain (f.t.) = estaño (c.a.). Sn.

<sup>51</sup> Cinc (t.l.) = zinc (f.t.) = cinc o zinc (c.a.). Zn.

<sup>52</sup> Cobalto (t.l.) = cobalt (f.t.) = cobalto (c.a.). Co.

<sup>53</sup> Acido fosfórico (t.l.) = acide phosphorique (f.t.) = ácido fosfórico (c.a.).  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

<sup>54</sup> Tierra pesada (t.l.) = terre pesant (f.t.) = óxido de bario (c.a.). BaO.

<sup>55</sup> Sal molíbdica (t.l.) = sel molybdique (f.t.) = sal del ácido molíbdico (c.a.).  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

**Acido Sedativo<sup>56</sup>**

El Bórax no Calcinado contiene la tercera parte de sal sedativa<sup>57</sup>. Este ácido no se Volatiliza con la sal amónica<sup>58</sup>, pero la descompone y el álcali Volátil queda fijo hasta un cierto grado de Calor. Las Combinaciones de este ácido son descompuestas por la Vía húmeda por todos los ácidos, para volver el Bórax perfectamente neutro es preciso añadirle un poco más que su peso de ácido sedativo.

**Acido del azúcar<sup>59</sup>**

Se pueden distinguir los ácidos Vegetales<sup>60</sup> en ácidos brutos<sup>61</sup> que no pueden resistir al fuego de la destilación sin descomponerse, y en sutiles<sup>62</sup> como el Vinagre que resiste: para hacer el ácido del azúcar, se pone 1 parte de azúcar pulverizado con 3 partes de ácido nitroso en una Retorta, el aire nitroso<sup>63</sup> pasa al recipiente. se pone enseguida sobre el residuo de la retorta (una) otra cantidad de ácido nitroso, y se repite la operación hasta que [11] no se produzcan más Vapores nitrosos. se deja a continuación enfriar, y se obtiene el ácido del azúcar cristalizado en prismas tetraédricos tallados en bisel en sus extremos.

**Acido de Acedera<sup>64</sup>**

se puede tener el ácido de Acedera puro por destilación. se puede también saturar el ácido con el álcali y echar enseguida una disolución de tierra pesada en el ácido nitroso, el precipitado que resulta es la tierra pesada unida al ácido de acedera, que puede ser enseguida descompuesta por el ácido Vitriólico. El ácido de acedera queda puro entonces en la disolución:

<sup>56</sup> Acido sedativo (t.l.) = acide sedatif (f.t.) = Acido bórico (c.a.).  $H_3BO_3$ .

<sup>57</sup> Sal sedativa (t.l.) = sel sedatif (f.t.) = sal del ácido bórico (c.a.).  $BO_3^{3-}$ .

<sup>58</sup> Sal amónica o amoniacal (t.l.) = sel ammoniac (f.t.) = cloruro amónico (c.a.).  $NH_4Cl$ .

<sup>59</sup> Acido del azúcar (t.l.) = acide du sucre (f.t.) = ácido oxálico (c.a.).  $H_2C_2O_4$ .

<sup>59</sup> Azúcar (t.l.) = sucre (f.t.) = azúcar o glucosa (c.a.).  $HOCH_2-CHOH-CHOH-CHOH-CHOH-CHO$ .

<sup>60</sup> Acidos vegetales (t.l.) = acides vegetaux (f.t.) = ácidos vegetales (c.a.).

    Son aquellos ácidos procedentes del reino vegetal

<sup>61</sup> Acidos brutos (t.l.) = acides bruts (f.t.) = ácidos brutos (c.a.).

    Son aquellos ácidos vegetales que se descomponen por destilación.

<sup>62</sup> Acidos sutiles (t.l.) = acides subtils (f.t.) = ácidos sutiles (c.a.).

    Dícese de los ácidos vegetales que no se descomponen por destilación.

<sup>63</sup> Aire nitroso (t.l.) = air nitreux (f.t.) = vapores nitrosos (c.a.).  $NO_x$ .

<sup>64</sup> Acido de acedera (t.l.) = acide de osseille (f.t.) = ácido oxálico (c.a.).  $H_2C_2O_4$ .

cien partes de sal de acedera son descompuestas por 137 de creta<sup>65</sup>, el álcali fijo<sup>66</sup> que queda en la disolución supone 30 partes, y el precipitado que es una sal de acedera Calcárea<sup>67</sup> pesa 175, Cien partes de sal de acedera<sup>68</sup> quemadas dan 31 y como máximo 37 de álcali fijo y algunas veces 112 libras. la cantidad de ácido no saturado es 3 1/2 veces tan grande como la que está saturada cuando contiene el mínimo de álcali. cuando [12] contiene el máximo de álcali el ácido excedente es al ácido saturado, como 87 es a 37.

### Acido del tártaro<sup>69</sup>

Para obtener el ácido del tártaro se toman 100 partes de crema de tártaro<sup>70</sup>, se les hace hervir en el agua, y se le echa enseguida poco a poco creta hasta que no produzca más efervescencia: se emplean para ésto 37 partes de creta [,] se lava el precipitado que es el ácido del tártaro combinado con la creta, y la sal vegetal<sup>71</sup> que queda en la disolución pesa después de haberla secado 67 partes. se toman enseguida 42 partes de aceite de vitriolo desleido en 8 veces otro tanto de agua, se le echa sobre el tartrato de creta<sup>72</sup> en una gran redoma, y para entonces el licor que resulta contiene ácido del tártaro y el residuo no es más que selenita<sup>73</sup>; si queda tártaro en esta selenita se le puede descubrir poniendo un poco sobre un carbón al rojo, se inflama y se ennegrece si contiene tártaro. para conocer la pureza del ácido se echa encima un poco de disolución de azúcar de saturno<sup>74</sup> en el agua destilada, se forma un precipitado, que se ensaya con el Vinagre

<sup>65</sup> Creta (t.l.) = craie (f.t.) = creta (c.a.).

La creta es una roca caliza de origen orgánico, blanda, de color blanco o gris que tizna los dedos y que está formada por finísimos restos de equinodermos, moluscos y otros organismos y gran cantidad de caparzones de foraminíferos. La creta es una caliza que contiene, frecuentemente, algo de arcilla. Se ha formado en una profundidad relativa reducida de 100 a 300 m. La creta se depositó durante el cretácico superior.

<sup>66</sup> Alcali fijo (t.l.) = alcali fixe (f.t.) = óxido de calcio (c.a.). CaO.

<sup>67</sup> Sal de acedera calcárea (t.l.) = sel d'osseille calcaire (f.t.) = oxalato de calcio (c.a.).  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ .

<sup>68</sup> Sal de acedera (t.l.) = sel d'osseille (f.t.) = oxalato de calcio (c.a.).  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ .

<sup>69</sup> Acido de tártaro (t.l.) = acide du tartre (f.t.) = ácido tartárico o dihidroxidicarboxílico (c.a.).  $\text{HOOC-CHOH-CHOH-COOH}$ .

<sup>70</sup> Crema del tártaro (t.l.) = creme de tartre (f.t.) = cremor tártaro o hidrogenotartrato de potasio (c.a.).  $\text{KH}(\text{COO})_2(\text{CHOH})_2$ .

<sup>71</sup> Sal vegetal (t.l.) = sel vegetal (f.t.) = sal vegetal (c.a.).

Es una sal procedente del ácido tartárico y del carbonato de calcio.

<sup>72</sup> tartrato de creta (t.l.) = tartre crayeux (f.t.) = tartrato de calcio (c.a.).  $\text{Ca}(\text{OOC})_2(\text{CHOH})_2$

<sup>73</sup> Selenita (t.l.) = selenite (f.t.) = sulfato de calcio dihidratado (c.a.).  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>74</sup> Azúcar de saturno (t.l.) = sucre de saturne (f.t.) = azúcar de saturno o acetato de plomo (II) trihidratado (c.a.).  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

que disuelve el plomo tartarizado<sup>75</sup> [13] y no [disuelve] el Vitriolo de plomo<sup>76</sup>. Cien partes de crema [de tártaro] dan 42 de ácido en cristales.

La sal Vegetal puede ser precipitada por el ácido del tártaro, y regenerar la crema del tártaro [.] 1º. esta misma sal es precipitada por todos los ácidos en forma de crema de tártaro, 2º. el ácido del tártaro descompone en parte el tartrato Vitriolado, el nitro, y la sal febrífuga de silvius<sup>77</sup>: el exceso de ácido que esta sal produce es la Causa del primer fenómeno, y el 2º. Se explica suponiendo que el tartrato Vitriolado puede cargarse de un exceso de ácido que no pierde por cristalizaciones sucesivas, este exceso de ácido es aproximadamente 1/3 de su peso, y el ácido del tártaro no descompone más que un 1/3 del tartrato Vitriolado que es la porción que contiene el ácido Vitriólico suficiente para saturar con exceso las otras dos partes de tartrato Vitriolado, Lo mismo ocurre con el nitro y la sal de silvius, y esta última puede ser distinguida de la sal común<sup>78</sup> en que Esta no es del todo descompuesta por este ácido. el Carbón del ácido del tártaro no da ningún [14] álcali, Monnet<sup>79</sup> cree que este ácido no es más que el ácido marino marcado, pero es la sal de silvius [la] que se encuentra siempre en el tártaro, quien le ha dado el ácido marino que ha encontrado.

### Del Acido del Benjui<sup>80</sup>

Para tener el ácido del Benjui se ponen 4 onzas<sup>81</sup> de Cal<sup>82</sup> con 8 libras<sup>83</sup> de agua, se mezcla enseguida una lib[r]a. de Benjui; se hace hervir esta mezcla, y la cal se carga del ácido del Benjui que se precipita por otro ácido.

<sup>75</sup> Plomo tartarizado (t.l.) = plombe tartarisé (f.t.) = tartrato de plomo (II) (c.a.).  $\text{Pb}(\text{OOC})_2(\text{CHOH})_2$

<sup>76</sup> Vitriolo de plomo (t.l.) = vitriol de plomb (f.t.) = sulfato de plomo (II) (c.a.).  $\text{PbSO}_4$ .

<sup>76</sup> Plomo (t.l.) = plomb (f.t.) = plomo (c.a.). Pb.

<sup>77</sup> Sal febrífuga de Silvius o sal de Silvius (t.l.) = sel febrifuge de silvius o sel de silvius (f.t.) = cloruro potásico. KCl.

<sup>77</sup> Franciscus Sylvius de la Bøe (1614–1672). Médico holandés. Profesor de medicina en Leyden. Representó la culminación de la Iatroquímica o Química Médica, transición entre la Alquimia y la verdadera Química. Creyó en la transmutación de los metales.

<sup>78</sup> Sal común (t.l.) = sel comun (f.t.) = sal común o cloruro de sodio (c.a.). NaCl.

<sup>79</sup> Antoine Grimoald Monnet (1734–1817). Químico y farmacéutico francés. Fue Inspector General de Minas de Francia. Su obra trata sobre Mineralogía y Tecnología, siendo importantes sus trabajos sobre la manufactura de los sulfatos. Se opuso a las teorías de Lavoisier.

<sup>80</sup> Acido del benjui (t.l.) = acide du benjoin (f.t.) = ácido benzoico (c.a.).  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ .

<sup>81</sup> Onzas (t.l.) = onces (f.t.) = onzas (c.a.). Medida de peso equivalente a 30.594 g.

<sup>82</sup> Cal (t.l.) = chaux (f.t.) = cal u óxido metálico (c.a.).

<sup>83</sup> Libras (t.l.) = livres (f.t.) = libras (c.a.). Medida de peso equivalente a 489.506 g.

### Del Acido del Succino<sup>84</sup>

El ácido del succino que pasa al final de la destilación del succino tiene las propiedades de el de Vinagre, pero no las de la sal concreta [...] se puede reconocer la pureza de ésta por la Sublimación, o mejor todavía mezclando el álcali fijo cáustico<sup>85</sup> que hace reconocer la presencia de álcali volátil al que se enmascara generalmente mezclándolo con aceite de esta materia.

Los ácidos vegetales brutos disuelven perfectamente la manganesa a causa del flogisto [15] que estos ácidos contienen.

El ácido del limón<sup>86</sup> la disuelve también. el ácido de la leche<sup>87</sup>, y El del azúcar de leche<sup>88</sup> pertenecen también al reino Vegetal.

### Vinagre

La Madera de abedul da Vinagre naturalmente [...] para retirar el vinagre radical se ponen 2 partes de sal acetosa mineral<sup>89</sup> y 1 parte de ácido vitriólico. se destila esta mezcla, y de 16 partes se retiran de 10 a 12 de Vinagre radical. El Vinagre no puede ser otra cosa que la Combinación íntima del espíritu de vino<sup>90</sup> con el ácido Vegetal.

Las aguas destiladas de plantas cuando comienzan a fermentarse, si se pone allí el espíritu de vino, se transforman en Vinagre. La mezcla de ácido del tártaro o el de limón con el espíritu de vino se transforma en Vinagre. La goma arábiga<sup>91</sup> con este mismo espíritu se cambia en Vinagre [...]

<sup>84</sup> Acido del succino (t.l.) = acide du succin (f.t.) = ácido succínico o butanodioico (c.a.).  $\text{HCOO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ .

<sup>84</sup> Succino (t.l.) = succin (f.t.) = succino o ámbar amarillo (c.a.).

<sup>85</sup> Alcali fijo cáustico (t.l.) = alcali fixe caustique (f.t.) = potasa cáustica o hidróxido de potasio (c.a.). KOH.

<sup>86</sup> Acido del limón (t.l.) = acide du citron (f.t.) = ácido cítrico (c.a.).  $\text{HCOO-CH}_2\text{-C(OH)(COOH)-CH}_2\text{-COOH.H}_2\text{O}$

<sup>87</sup> Acido de la leche (t.l.) = acide du lait (f.t.) = ácido láctico o hidroxipropiónico (c.a.).  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$ .

<sup>88</sup> Acido del azúcar de leche (t.l.) = acide du sucre de lait (f.t.) = ácido del azúcar de leche o ácido sacoláctico (c.a.).

<sup>89</sup> Sal acetosa mineral (t.l.) = sel aceteaux mineral (f.t.) = acetato de calcio monohidratado (c.a.).  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{-COO})_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>90</sup> Espíritu de vino (t.l.) = esprit de vin (f.t.) = alcohol etílico (c.a.).  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ .

<sup>91</sup> Goma arábiga (t.l.) = gomme arabique (f.t.) = goma arábiga (c.a.).

La goma arábiga está constituida por polisacáridos mixtos que por hidrólisis originan monosacáridos distintos -pentosas y hexosas- y ácidos urónicos (polihidroxiácidos-aldehído) que dan a la goma su carácter ácido.

todos los ácidos Vegetales pueden ser cambiados por el mismo medio en Vinagre[.] todos los ácidos Vegetales brutos [16] se destruyen por la destilación y no dan más que aire inflamable<sup>92</sup> y aire fijo<sup>93</sup> y no queda ningún residuo. La presencia del aire fijo se conoce por la llama azul cuando el aire de cal<sup>94</sup> [... ?], El ácido del Vinagre se transforma también en estos dos principios, pero es preciso combinarlo con el álcali y destilarlo enseguida.

### Del Acido de las hormigas<sup>95</sup>

El ácido de las hormigas se parece al del Vinagre, pero tiene propiedades que lo distinguen; Combinado con el hierro cristaliza, los Cristales que da con el Cinc no son semejantes a los que da el Vinagre: no disuelve el precipitado rojo de mercurio<sup>96</sup>, al contrario lo reduce en forma metálica: la combinación con la tierra de magnesia<sup>97</sup> da cristales que no son delicuescentes<sup>98</sup>, y estos Cristales tienen una forma semiesférica un poco cóncava en su Corte, donde se ven rayos divergentes poco más o menos como en la Zeolita<sup>99</sup>. Este ácido tiene una afinidad mayor con todos los Cuerpos que la del Vinagre. se descompone en aire inflamable y fijo; pero es necesario combinarle con una base<sup>100</sup>, ya que es sutil como el Vinagre. [17]

<sup>92</sup> Aire inflamable (t.l.) = air inflammable (f.t.) = hidrógeno (c.a.). H<sub>2</sub>.

<sup>93</sup> Aire fijo (t.l.) = air fixe (f.t.) = dióxido de carbono (c.a.). CO<sub>2</sub>.

<sup>94</sup> En esta frase falta una o varias palabras por lo que es difícil saber a qué óxido en estado de vapor se refiere.

<sup>95</sup> Acido de las hormigas (t.l.) = acide des fourmeis o fourmies (f.t.) = ácido fórmico o metanóico (c.a.). H-COOH.

<sup>96</sup> Mercurio (t.l.) = mercure (f.t.) = mercurio (c.a.). Hg.

<sup>97</sup> Tierra de magnesia (t.l.) = terre magnesie (f.t.) = óxido de magnesio (c.a.). MgO.

<sup>98</sup> Delicuescente[s] (t.l.) = deliquescent (f.t.) = delicuescentes (c.a.).

Dícese de las sustancias que tienen la propiedad de presentar una presión de vapor de agua menor que la del aire que las rodea de modo que el agua es absorbida para dar una disolución.

<sup>99</sup> Zeolita (t.l.) = zeolite (f.t.) = zeolita (c.a.).

Las zeolitas son aluminosilicatos que contienen el esqueleto (Si,Al)<sub>n</sub>O<sub>2n</sub> con una carga negativa que es equilibrada con los cationes presentes en las cavidades. Los cationes son fácilmente intercambiados y el agua y los gases pueden ser absorbidos selectivamente en las cavidades.

<sup>100</sup> Base (t.l.) = base (f.t.) = base (c.a.).

Desde el punto de vista del texto una base es una sustancia capaz de reaccionar con un ácido para formar una sal y agua solamente, es decir es una sustancia que produce iones hidroxilo.

### Del ácido Fosfórico

El ácido fosfórico es más abundante en el Reino Vegetal que en el Animal: se le encuentra también en el mineral de algunas minas<sup>101</sup> de plomo. El flogisto en el fósforo<sup>102</sup> está muy débilmente combinado y el aire desflogistizado lo desprende. se retira el ácido poniendo las barras de fósforo en un embudo de Vidrio que se cubre y se pone en un frasco donde hay un poco de agua; el fósforo se descompone al quemarse poco a poco y el ácido cae en el agua, se puede acelerar la operación por el fuego, pero El ácido que se obtiene esta flogistizado. El ácido fosfórico es volátil enteramente cuando está seco incluso con algo de agua. la primera experiencia se hace cuando se quema una pequeña cantidad de fósforo en una fiola<sup>103</sup> bien cerrada, el ácido que se forma entonces puede ser desplazado por la luz de una candela alternativamente de un lado de la fiola al otro. Este ácido no ha podido ser hasta el presente reducido en forma de aire<sup>104</sup>[.] combinándolo con el minio<sup>105</sup> da aire [18] inflamable, y lo mismo [ocurre] con el hierro.

### De los Alcalis<sup>106</sup>

El hehecho da mucho álcali Vegetal. sin adición de álcali Vegetal el alumbre<sup>107</sup> no cristaliza, y no se puede recuperar más Este álcali del alumbre<sup>108</sup> [.] La porción de álcali que se debe añadir para ésto es alrededor de 1/2 de la masa irregularmente cristalizada que resulta de la saturación del ácido Vitriólico por la tierra arcillosa<sup>109</sup>, El álcali Volátil produce el mismo efecto. el álcali Vegetal y el Volátil precipitan la platina<sup>110</sup> en estado

<sup>101</sup> Minas (t.l.) = mines (f.t.) = minerales (c.a.).

<sup>102</sup> Fósforo (t.l.) = phosphore (f.t.) = fósforo (c.a.). P<sub>4</sub>.

<sup>103</sup> Fiola (t.l.) = fiole (f.t.) = fiola (c.a.).

<sup>104</sup> Aire (t.l.) = air (f.t.) = aire (c.a.).

Término procedente de los elementos aristotélicos -tierra, agua, aire y fuego. Se aplica a los cuerpos en estado gaseoso.

<sup>105</sup> Minio (t.l.) = minium (f.t.) = minio, plomo rojo o tetraóxido de triplomo (c.a.). Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

<sup>106</sup> Alcalis (t.l.) = alcalis (f.t.) = álcalis (c.a.).

Voz procedente de las palabras árabes: al qili -la ceniza de las plantas-, en disolución acuosa es sinónimo de bases.

<sup>107</sup> Alumbre (t.l.) = alum (f.t.) = alumbre o sulfato de potasio y aluminio dodecahidratado (c.a.). KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.12H<sub>2</sub>O. Los antiguos romanos aplicaban la expresión *alumen* a toda sustancia de sabor astringente. En la Edad Media se dió el nombre de *alumbre* a la sal doble de potasio y aluminio hidratada obtenida del mineral *alunita*.

<sup>108</sup> Bergman se refiere a que en la preparación de alumbre debe añadirse álcali vegetal (carbonato de sodio), de esta forma cristaliza el alumbre. Una vez cristalizado no se puede recuperar el álcali añadido del alumbre

<sup>109</sup> Tierra arcillosa (t.l.) = terre arguilleuse (f.t.) = sílice o dióxido de silicio (c.a.). SiO<sub>2</sub>.

salino, participando del precipitante, y este precipitado estando disuelto en agua cristaliza como el alumbre. El álcali mineral lo precipita en estado de cal. Para tener el ácido mineral puro se debe usar sal de Globber<sup>111</sup> que se descompone por el litargirio<sup>112</sup> reciente que se pone en un filtro por el cual se hace pasar la disolución de sal de Glaubert<sup>111</sup>[.] el litargirio envejecido está cargado de aire fijo.

La plata<sup>113</sup>, el hierro [y] el Manganeseo<sup>114</sup> habiendo sido precipitados por el álcali aéreo<sup>115</sup> de sus disoluciones, se cargan de [19] ácido aéreo<sup>116</sup>.

Los ácidos y los álcalis se disuelven tanto más entre ellos cuanto más débiles sean.

Cuando se vierte el bismuto<sup>117</sup> sobre un plato de porcelana, se observa una estructura Cúbica en el interior; cuando Este efecto no tiene lugar es el peso de la masa quien la causa,.

El agua que [se] hiela, forma una masa compuesta de agujas formando entre ellas ángulos de 60 grados, y es de este ordenamiento [de donde] proviene el aumento de su volumen [.]

La doble pirámide hexaédrica tiene caras de triángulos escalenos, los prismas hexaédricos terminados en cada extremidad por 3 caras romboidales, y los prismas tetraédricos terminados por 4 caras romboidales tienen sus elementos del rombo o plano romboidal. Véase la disertación formis crystallorum<sup>118</sup>.

<sup>110</sup> Platina (t.l.) = platine (f.t.) = platino (c.a.). Pt.

La platina fue descubierta por el matemático y marino sevillano Antonio de Ulloa en 1748, cuando viajaba de Colombia a Perú en una expedición científica, encontró unas minas que producían unas pepitas de un metal blanquecino. Se parecía algo a la plata, pero era mucho más pesado y le dió el nombre de platina derivándolo de la palabra española plata. Era un metal que no podía beneficiarse por no poderse fundir con los medios entonces disponibles y que, al acompañar al oro, perjudicaba la extracción de éste.

<sup>111</sup> Sal de Globber o sal de Glaubert (t.l.) = sel de Globber o sel de Glaubert (f.t.) = sal de Glauber o sulfato de sodio decahidratado (c.a.).  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>112</sup> Litargirio (t.l.) = litarge (f.t.) = litargirio o monóxido de plomo u óxido de plomo(II) (c.a.).  $\text{PbO}$ .

<sup>113</sup> Plata (t.l.) = argent (f.t.) = plata (c.a.). Ag.

<sup>114</sup> Manganeseo (t.l.) = manganse o manganese (f.t.) = manganeso (c.a.). Mn.

<sup>115</sup> Alcali aéreo (t.l.) = alcali aere (f.t.) = carbonato de sodio (c.a.).  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

<sup>116</sup> Acido aéreo (t.l.) = acido aerien (f.t.) = ácido carbónico (c.a.).  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .

<sup>117</sup> Bismuto (t.l.) = bismut (f.t.) = bismuto (c.a.). Bi.

<sup>118</sup> «De formis crystallorum», en Torbern Bergman, «Opuscula physica et chemica», Vol. II, Upsala, 1780. Los tres últimos párrafos del apartado sobre los álcalis parece que han sido incluidos al azar.

Sales Neutras

Alkali fixum vegetabile, Acidum vitrioli

Alkali fixum minerale, Acidum vitrioli

Alkali volatile, Acidum vitrioli [20]

Alkali fixum vegetabile, Acidum arsenici Este Cristaliza y es delicuescente cuando se satura [.]

Alkali fixum minerale, Acidum arsenici Cristaliza como el precedente [.]

El álcali Volátil parece afectar a un exceso de ácido arsenical.

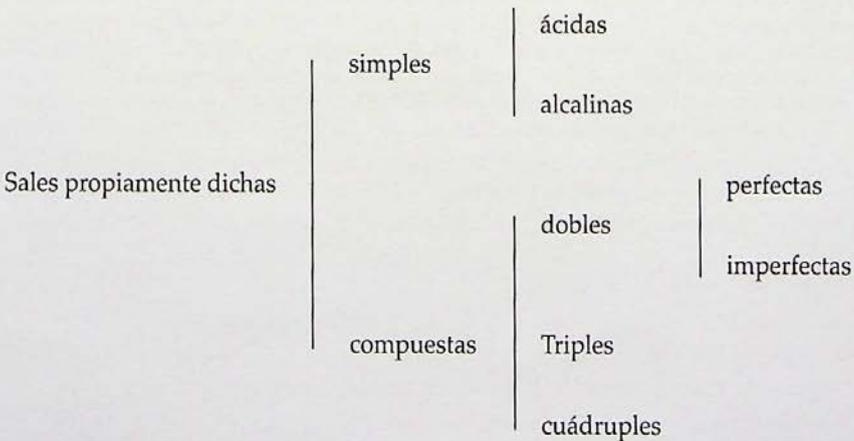
Alkali fixum vegetabile, Tartarus delicuescente; si hay un exceso de álcali no es delicuescente [.]

Alkali fixum vegetabile, Acidum tartari Tártaro [.]

Alkali fixum minerale, Tartarus Si no hay exceso Cristaliza [.]

Alkali volatile, Acidum tartari se combina en mayor dosis que el Vegetal. El Bórax afecta al exceso de álcali.

La sal arsenical Vegetal afecta al exceso de álcali y de ácido [.]



Sales analógicas	terrestres	ácidas	dobles
			Triples
		alcalinas	dobles
			Triples
	Metálicas	ácidas	dobles
			Triples
		alcalinas	dobles
			Triples [21]

La sal de seignete<sup>119</sup> es una sal Triple [...] la Crema del tártaro puede ser saturada de álcali volátil y forma una sal Triple.

La sal microcósmica es el ácido fosfórico combinado con el álcali Volátil y el álcali mineral [...] cristaliza como la sal de seignete. La combinación de tártaro y de sal sedativa forma una sal neutra triple, que no Cristaliza y es muy soluble; cuando se evapora bastante queda Como una goma. Dos partes de tártaro y una de Bórax se combinan simultáneamente y forman una sal cuádruple muy soluble y delicuescente. El espato (,) pesado<sup>120</sup> se disuelve en el ácido Vitriólico concentrado: pero no es una sal porque no es soluble en 1000 partes de agua. El yeso<sup>121</sup> que se disuelve en 900 partes de agua es una sal. El alumbre es una sal con exceso de ácido, cuando está saturado es casi insoluble. cuando se diluye el liquor silicum<sup>122</sup> en 20 veces otro tanto de agua, no se produce la precipitación con el ácido vitriólico [...] es la gran división de las partes terrosas que [22] es la causa de

<sup>119</sup> Sal de seignete (t.l.) = sel de seignete (f.t.) = sal de Seignette o de Rochelle o tartrato de sodio y potasio tetrahidratado (c.a.).  $\text{NaK}(\text{OOC-CHOH-CHOH-COO})\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>120</sup> Espato pesado (t.l.) = spath pesant (f.t.) = espato pesado o sulfato de bario (c.a.).  $\text{BaSO}_4$ .

<sup>121</sup> Yeso (t.l.) = gyps (f.t.) = yeso o sulfato de calcio dihidratado (c.a.).  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>122</sup> Liquor silicum (t.l.) = liquor silicum (f.t.) = disolución concentrada de silicato de sodio,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (c.a.). A veces se le da el nombre de «vidrio soluble»

ello. La Magnesia<sup>123</sup> con el ácido nitroso da unos cristales delicuescentes tetraédricos que se colocan paralelamente el uno al otro.

El ácido arsenical da sales poco solubles con las tierras<sup>124</sup>. La arcilla se disuelve muy fácilmente en el ácido del limón. El ácido Marino disuelve la tierra de los huesos sin descomponerla sobre todo la parte saturada de ácido fosfórico. La sal de epton<sup>125</sup> se combina con el álcali volátil y forma una sal triple compuesta de 2 sales triples y una tierra.

El ácido del flúor<sup>126</sup> que contiene tierra vitrificable si se le añade álcali fijo vegetal<sup>127</sup> o mineral<sup>128</sup> (se) precipita una sal triple poco soluble; con el álcali volátil se precipita la tierra silicosa<sup>129</sup> pura, ésta es la manera de purificar el ácido del flúor.

Poniendo las disoluciones saturadas de tierra(s) calcárea [y] de magnesia en el ácido nitroso, se forma un precipitado que no es más que una sal triple compuesta de dos tierras y un ácido.

Las tierras pesada, calcárea, y de magnesia no se disuelven en los álcalis. La tierra arcillosa se disuelve por vía seca y húmeda. si se precipita por un álcali cáustico la tierra arcillosa disuelta en un ácido, el precipitado se disuelve [23] de nuevo por la adición del álcali; así ésta forma una sal doble alcalina terrosa. se ignora si el álcali volátil hace lo mismo.

El precipitado del liquor silicum se disuelve en una disolución de álcali. La descomposición de la sal marina<sup>130</sup> y del nitro por la tierra arcillosa proviene de la afinidad de la tierra arcillosa la cual se mezcla con el álcali, y de la volatilidad que estos dos ácidos reciben al fuego.

<sup>123</sup> Magnesia (t.l.) = magnesie (f.t.) = magnesia (c.a.). Con el nombre de magnesia se pueden entender los siguientes compuestos: magnesia alba o carbonato básico de magnesio pentahidratado,  $MgCO_3 \cdot 4Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O$ ; magnesia calcinada u óxido de magnesio,  $MgO$  y magnesia nigra o dióxido de manganeso,  $MnO_2$ .

<sup>124</sup> Tierras (t.l.) = terres (f.t.) = tierras u óxidos metálicos (c.a.).

<sup>125</sup> Sal de epton o sal de Epton (t.l.) = sel d'epson o sel d'Epson (f.t.) = sal de Epsom o sal amarga o sulfato de magnesio heptahidratado (c.a.).  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ .

<sup>126</sup> Acido del flúor (t.l.) = acide du fluor (f.t.) = ácido fluorhídrico o fluoruro de hidrógeno (c.a.). HF.

<sup>127</sup> Alcali fijo vegetal (t.l.) = alcali fixe vegetal (f.t.) = hidróxido de potasio, KOH y también carbonato de potasio,  $K_2CO_3$  (c.a.).

<sup>128</sup> Alcali fijo mineral (t.l.) = alcali fixe mineral (f.t.) = hidróxido de sodio, NaOH y también carbonato de sodio,  $Na_2CO_3$  (c.a.).

<sup>129</sup> Tierra silicosa (t.l.) = terre silicoseuse (f.t.) = sílice o dióxido de silicio (c.a.).  $SiO_2$ .

<sup>130</sup> Sal marina (t.l.) = sel marin (f.t.) = cloruro de sodio impurificado con cloruro de magnesio (c.a.).  $NaCl + MgCl_2$ .

### De las Sales Metálicas

Las Sales Metálicas no están nunca saturadas, están siempre con defecto o con exceso de ácido; la prueba es que si se pone un poco de álcali para saturar el exceso de ácido, hay siempre un precipitado metálico, y el resto de la sal conserva su exceso de ácido. se debe utilizar para estas investigaciones papel de tornasol<sup>131</sup> que es muy sensible.

El ácido nitroso muy concentrado disuelve el oro<sup>132</sup>, pero si se Continúa la ebullición o si se remueve el licor, se precipita en parte en estado de cal más desflogistizada que la preparada [24] por el agua regia<sup>133</sup>. El oro no cristaliza en el ácido marino ni en el agua regia.

La platina se comporta como el oro. no se disuelve en el ácido nitroso; con el álcali Vegetal como una Sal Triple, y con el álcali mineral en estado de cal. La disolución de platina da [... ?].

El ácido Vitriólico hirviendo disuelve la plata, cien partes de esta sal cristalizada, y el precipitado formado por un álcali contiene ácido aéreo.

Si se disuelve el mercurio en el ácido nitroso en frio (.) con el álcali fijo cáustico da un precipitado negro, lo que prueba que el mercurio no ha sido tan privado de flogisto como el obtenido con la ayuda del calor, el cual da con el mismo álcali un mismo precipitado rojo, se ve con ésto cuán falsa es la opinión de Los que defienden que la Causticidad viene del fuego.

El ácido marino desflogistiza menos a algunos metales, como el Cobre<sup>134</sup> con el ácido nitroso como se (le) ve en que la disolución nitrosa necesita de una mayor cantidad de un metal precipitante que el ácido marino.

La plata [,] el mercurio, y el Plomo, se comportan [25] de la misma manera con los ácidos nitroso, marino, y vitriólico.

La Cerusa<sup>135</sup> es plomo Combinado con el ácido aéreo. El Vinagre se descompone en la producción de esta materia.

<sup>131</sup> Papel de tornasol (t.l.) = papier du tornesol (f.t.) = papel de tornasol (c.a.).

Papel reactivo teñido de azul con el tornasol, que tiene la propiedad de enrojecer en contacto con los ácidos y azulear en contacto con las bases.

<sup>132</sup> Oro (t.l.) = or (f.t.) = oro (c.a.). Au.

Bergman debe referirse en la frase: «El ácido nitroso muy concentrado disuelve el oro» a un ácido nitroso (ácido nítrico) impurificado con ácido marino (ácido clorhídrico), ya que ninguno de los ácidos habituales actuando en solitario tiene capacidad para disolver al oro.

<sup>133</sup> Agua regia (t.l.) = eau regale (f.t.) = agua regia (c.a.).

Mezcla de una parte de ácido nítrico concentrado y tres partes de ácido clorhídrico concentrado que tiene la propiedad de disolver al oro y al platino.

<sup>134</sup> Cobre (t.l.) = cuivre o ciuvre (f.t.) = cobre (c.a.). Cu.

<sup>135</sup> Cerusa (t.l.) = ceruse (f.t.) = cerusa o cerusita o plomo blanco o carbonato básico de plomo (II) (c.a.).  $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ .

El hierro no se disuelve en el ácido Vitriólico Concentrado. en la precipitación del Etíope mineral<sup>136</sup> se desprende aire inflamable aunque en pequeña cantidad, que podría ser producido por el ácido aéreo Contenido en el agua.

El Etíope Mineral da poco aire inflamable con el ácido Vitriólico [.] Este fenómeno es singular, puesto que el hierro pierde fácilmente su flogisto y (que) el ácido Vitriólico lo desprende fácilmente de los metales, el agua sirve de intermedio para unir el hierro al azufre por (la) Vía húmeda.

Cuando se hace cristalizar en frío el Vitriolo Verde<sup>137</sup>, es de un Verde muy oscuro que cambia tanto más al amarillo cuanto más tiempo ha sido tratado al fuego. El Color Verde proviene del flogisto que Contiene Como puede probarse [26] echando sobre él ácido nitroso que se carga de flogisto y de ácido blanco<sup>138</sup>. El precipitado que se forma en una disolución de Vitriolo, proviene de la mayor desflogistización del hierro con el aire o el fuego, así el hierro más flogistizado se disuelve en mayor cantidad en el ácido Vitriólico.

La tierra de alumbre<sup>139</sup> descompone la disolución de Vitriolo a condición de que Este esté más perfectamente desflogistizado.

La facilidad con la que la disolución de hierro en el ácido nitroso se produce [,] proviene de que el ácido nitroso elimina el flogisto del hierro y se cambia en aire nitroso.

El hierro se disuelve en el ácido marino dando aire ininflamable, y cristaliza en cubos [,] si la disolución se desflogistiza, no cristaliza más.

El estaño no (se) precipita en estado enteramente desflogistizado. si la disolución se prepara en (el) agua regia, no da cristales pero cristaliza si se prepara en el ácido marino. se puede preparar la cal de estaño fácilmente [,] disolviendo el estaño en (el) ácido nitroso[27] débil<sup>140</sup> y echando enseguida el ácido nitroso concentrado, entonces el estaño (se) precipita y es apropiado para formar esmaltes<sup>141</sup>.

<sup>136</sup> Etíope mineral (t.l.) = Ethiops mineral (f.t.) = óxido de mercurio (I) (c.a.).  $Hg_2O$ .

Por el contexto en realidad Bergman se está refiriendo al Etíope marcial llamado también óxido negro de hierro y que corresponde al tetraóxido de trihierro o magnetita,  $Fe_3O_4$ , y se le encuentra en la naturaleza.

<sup>137</sup> Vitriolo verde (t.l.) = vitriol vert (f.t.) = sulfato de hierro (II) heptahidratado (c.a.).  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .

<sup>138</sup> Acido blanco (t.l.) = acide blanc (f.t.) = ácido sulfúrico (c.a.).  $H_2SO_4$ .

<sup>139</sup> Tierra de alumbre (t.l.) = terre d'alun (f.t.) = sesquióxido de aluminio u óxido de aluminio (c.a.).  $Al_2O_3$ .

<sup>140</sup> Acido nitroso débil (t.l.) = acide nitreux foible (f.t.) = ácido nítrico diluido (c.a.).

<sup>141</sup> Esmaltes (t.l.) = émaux (f.t.) = esmaltes (c.a.).

La formación de púrpura se explica por la atracción de dos sales metálicas, y el color es tanto mejor cuanto la disolución de estaño está menos desfogistizada.

El ácido nitroso contribuye de algún modo a la belleza del Color tanto en el púrpura como en el escarlata.

Los cristales de Bismuto nitrado<sup>142</sup> puestos en el agua se vuelven opacos. El ácido marino disuelve difícilmente al Bismuto.

El Níquel<sup>143</sup> se disuelve difícilmente en el ácido Vitriólico.

El Níquel (el) más purificado es atraído por el imán [,] incluso cuando se rompe el Régulo [,] el uno atrae al otro, El Níquel nitrado<sup>144</sup> cristaliza en octaedros truncados y el Níquel salado<sup>145</sup> en rombos. El Níquel tiene la mayor afinidad con el ácido del azúcar.

El Cobalto se disuelve en todos los ácidos [28] y las disoluciones son rojas. El Color Verde que los franceses han encontrado en los cristales de Cobalto puede provenir del Níquel que acompaña ordinariamente a las minas de cobalto. La disolución se vuelve Verde (.) cuando se expone a 46 grados de calor del Termómetro de Reaumur<sup>146</sup> [,] El principio del Calor y la sequedad toman parte en la reaparición de la escritura [hecha con] tinta simpática<sup>147</sup>.

El Vitriolo arsenical<sup>148</sup> cristaliza y es bastante fijo al fuego; es poco soluble. El ácido marino disuelve mejor al arsénico y forma la manteca de arsénico<sup>149</sup>.

Con el arsénico blanco y el sublimado Corrosivo<sup>150</sup> no se obtiene manteca de arsénico, para que la descomposición del sublimado tenga lugar, es necesario que el arsénico esté flogistizado. La manteca de arsénico

<sup>142</sup> Bismuto nitrado (t.l.) = bismut nitré (f.t.) = nitrato de bismuto(III) pentahidratado.  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>143</sup> Níquel (t.l.) = nickel (f.t.) = níquel (c.a.). Ni.

<sup>144</sup> Níquel nitrado (t.l.) = nickel nitré (f.t.) = nitrato de níquel (II) hexahidratado (c.a.).  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>145</sup> Níquel salado (t.l.) = nickel salé (f.t.) = cloruro de níquel (II).  $\text{NiCl}_2$ .

<sup>146</sup> Termómetro de Réaumur tenía el punto de fusión y ebullición a 0 y 80 grados de la escala, respectivamente.

<sup>147</sup> René Antoine Ferchault de Réaumur (1683–1757). Naturalista, químico y físico francés. Miembro de l'Académie des Sciences en 1708.

<sup>148</sup> Tinta simpática (t.l.) = encre sinpatique (f.t.) = tinta simpática (c.a.).

Composición líquida que tiene la propiedad de que no se conozca lo escrito con ella hasta que no se le aplique el reactivo conveniente o el calor.

<sup>149</sup> Vitriolo arsenical (t.l.) = vitriol arsenical (f.t.) = sulfato de arsénico (III) (c.a.). No aparece descrita su fórmula química pero debería ser formulado como:  $\text{As}_2(\text{SO}_4)_3$ .

<sup>149</sup> Manteca de arsénico (t.l.) = beurre de arsenic (f.t.) = tricloruro de arsénico o cloruro de arsénico (III) (c.a.).  $\text{AsCl}_3$ .

<sup>150</sup> Sublimado corrosivo (t.l.) = sublimé corrosif (f.t.) = cloruro de mercurio (II).  $\text{HgCl}_2$ .

no se disuelve en el ácido marino. el precipitado de manteca de arsénico formado por el álcali flogistizado es blanco e insoluble como el formado por el agua. Véase la disertación en el 2º. vol<sup>151</sup>.

Los ácidos Vegetales disuelven la cal de arsénico<sup>152</sup>. Cuando se disuelve cinc en el ácido arsenical, se produce una efervescencia y un precipitado negruzco que es (un) arsénico Verdadero y [29] un poco de cal de Cinc<sup>153</sup>, y queda en la disolución una sal arsenical de Cinc [.] una parte de Cinc y 2 de ácido arsenical seco puestas en una retorta se inflaman con explosión cuando la mezcla está bien fundida.

Los ácidos atacan con vehemencia al flogisto del antimonio<sup>154</sup> y lo dejan casi insoluble.

El Magnesium<sup>155</sup> se disuelve en el estado metálico en los ácidos; en el estado de cal negra<sup>156</sup> no se disuelve casi nada y cuando se disuelve [.] Como en el ácido Vitriólico concentrado, la disolución tiene Color carmesí. Este color Viene del defecto de flogisto, y el color desaparece poniendo un poco de azúcar.

El ácido Vitriólico concentrado descompone la materia del fuego [.] sobre todo si la operación es ayudada por alguna materia que no puede disolverse en este ácido falto de una cantidad suficiente de flogisto; como ocurre con la manganesa, puesto que echando el ácido Vitriólico sobre esta materia, y evaporándola hasta sequedad [30] el residuo es rojo, y disolviéndolo en agua la disolución no tiene Color; lo que hace ver que el ácido ha tomado flogisto con la ayuda del cual ha disuelto la manganesa, que lo ha despojado de él; pero este efecto no tiene lugar más que cuando el ácido está reducido casi a sequedad. si se hace este desecamiento con un aparato neumato químico<sup>157</sup>, pasa aire desflogistizado que es una parte constituyente de la materia del calor<sup>158</sup>.

<sup>151</sup> «De arsenico», en Torben Bergman, «Opuscula physica et chemica», Vol. II, 1780.

<sup>152</sup> Cal de arsénico (t.l.) = chaux d'arsenic (f.t.) = óxido de arsénico (III) .As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

<sup>153</sup> Cal de cinc (t.l.) = chaux de zinc (f.t.) = óxido de cinc (c.a.). ZnO.

<sup>154</sup> Antimonio (t.l.) = antimoine (f.t.) = antimonio (c.a.). Sb.

<sup>155</sup> Magnesium (t.l.) = magnesium (f.t.) = manganeso (c.a.). Mn.

<sup>156</sup> Cal negra (t.l.) = chaux noire (f.t.) = manganesa o dióxido de manganeso (c.a.). MnO<sub>2</sub>.

<sup>157</sup> Aparato neumato químico (t.l.) = appareil pneumatique chimique (f.t.) = aparato neumato químico (c.a.).

El aparato neumato químico fue ideado por Priestley, era un aparato ingenioso y sencillo. Podía ser de agua y de mercurio. El neumato químico de mercurio era necesario en todas aquellas operaciones en que se desprendían gases susceptibles de ser absorbidos por el agua.

<sup>158</sup> Materia del calor (t.l.) = matiere de la chaleur (f.t.) = materia del calor (c.a.).

El calor estaba considerado como un elemento químico y por consiguiente se le atribuían propiedades materiales.

El ácido nitroso flogitizado disuelve la manganesa de la cal negra de magnesium.

La disolución de manganesa en el ácido marino es rojiza o parduzca. si se la hace digerir al fuego, una parte del ácido marino se descompone, y la disolución queda sin Color.

El ácido fosfórico disuelve la manganesa y da una sal poco soluble. los ácidos Vegetales la disuelven fácilmente. la disolución en el ácido del limón es menos completa en frío que en caliente [...] la primera (la fría) poniéndola al fuego, Cambia de Color, y una parte del ácido se descompone.

El ácido aéreo disuelve la manganesa blanca<sup>159</sup> [31] y el régulo.

El turbit mineral<sup>160</sup> es una sal con defecto de ácido. la plata nitrada<sup>161</sup> corrosiva puede disolver todavía una parte de plata en forma metálica sin separación de aire, y por consecuencia sin efervescencia, y esta disolución es menos corrosiva: lo mismo ocurre con el mercurio.

La preparación del Mercurio dulce<sup>162</sup> en Suecia se hace por (la) vía húmeda, precipitando la disolución con exceso de mercurio en el ácido nitroso por la sal marina.

El tartrato Vitriolado y el Vitriolo de Marte<sup>163</sup> forman al Combinarse una sal triple.

El tártaro se combina con varios metales y forma con ellos sales triples. con el hierro forma las bolas marciales<sup>164</sup>: con el antimonio Calcinado el tartrato emético<sup>165</sup>. con el polvo de Algarot<sup>166</sup> se hace un emético constante y más seguro, es una sal doble con defecto de ácido.

Las sales amoniacales<sup>167</sup> forman con los metales sales Triples. el hierro en limaduras se disuelve en el Vitriolo amoniacal<sup>168</sup>. El polvo de

<sup>159</sup> Manganesa blanca (t.l.) = manganese blanche (f.t.) = magnesia alba o carbonato básico de magnesio (c.a.).  $Mg(OHCO_3)_2$ .

<sup>160</sup> Turbit mineral (t.l.) = turbit mineral (f.t.) = turbit mineral o sulfato básico de mercurio (II) (c.a.).  $HgSO_4 \cdot 2HgO$ .

<sup>161</sup> Plata nitrada (t.l.) = argent nitré (f.t.) = nitrato de plata (I) (c.a.).  $AgNO_3$ .

<sup>162</sup> Mercurio dulce de Suecia (t.l.) = mercure doux de Suede (f.t.) = mercurio dulce de Suecia o calomelanos o cloruro de mercurio (I) (c.a.).  $Hg_2Cl_2$ .

<sup>163</sup> Vitriolo de Marte o vitriolo marcial (t.l.) = vitriol de Mars (f.t.) = sulfato de hierro (c.a.). Con este nombre se conocen seis compuestos diferentes, éstos son:  $FeSO_4 \cdot H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 4H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$  y  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .

<sup>164</sup> Bolas marciales (c.a.) = boules martiales (f.t.) = d-tartrato de hierro (II) (c.a.).  $FeC_4H_4O_6$ .

<sup>165</sup> Tartrato emético (t.l.) = tartre emetique (f.t.) = tartrato de potasio y antimonilo hemihidratado (c.a.).  $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ .

<sup>166</sup> Polvo de Algarot (t.l.) = poudre d'Algarot (f.t.) = oxiclорuro de antimonio (III) (c.a.).  $SbOCl$ .

<sup>167</sup> Sales amoniacales (t.l.) = sels ammoniacaux (f.t.) = sales de amonio (c.a.).  $NH_4^+$ .

<sup>168</sup> Vitriolo amoniacal (t.l.) = vitriol ammoniacal (f.t.) = sulfato amónico (c.a.).  $(NH_4)_2SO_4$ .

Alembrot<sup>169</sup> [32] es un compuesto de ácido marino, álcali Volátil y mercurio, más soluble que el sublimado Corrosivo y que cristaliza en filamentos. la sal de Epsom se combina con el alumbre, el Vitriolo de mercurio<sup>170</sup> con el de hierro; éste con la sal de Epsom, con los Vitriolos de cobre<sup>171</sup> y de Cinc<sup>172</sup>, la cristalización del último compuesto es romboidal como la del vitriolo de Cinc. la sal acetosa mercurial<sup>173</sup> se combina con la sal acetosa marcial<sup>174</sup>. El precipitado de platina con el álcali vegetal o volátil se una sal triple compuesta de ácido marino, de álcali, y de platina, El cobre se combina con el vitriolo antimonial<sup>175</sup>.

Los Vitriolos de Cinc [,] (de) hierro<sup>176</sup> y (de) cobre forman sales cuádruples. el vitriolo de mercurio se combina con el hierro acetoso<sup>177</sup>, y este último con el sublimado corrosivo. la sal amónica forma con el hierro nitrado<sup>178</sup> una sal cuádruple, sin embargo Bergman piensa que quizás no entra para nada; los cristales son rojos y cúbicos. la sal amónica con el nitro de cobre<sup>179</sup> da cristales azules, y esta mezcla, forma una tinta simpática que reaparece al vapor del álcali volátil.

El oro en el estado de cal se disuelve en el álcali volátil, descompone incluso la sal amónica. [33] La fulminación proviene de la descomposición súbita del álcali volátil, cuyo flogisto se une al oro, y la otra parte constituyente

<sup>169</sup> Polvo de Alembrot (c.a.) = poudre d'Alembrot (f.t.) = cloruro doble de mercurio (II) y amonio (c.a.).  $\text{NH}_4\text{Cl.HgCl}_2$ .

<sup>170</sup> Vitriolo de mercurio (c.a.) = vitriol de mercure (f.t.) = sulfato de mercurio (c.a.). Bajo esta denominación se conocen dos sulfatos de fórmulas:  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  y  $\text{HgSO}_4$ .

<sup>171</sup> Vitriolo de cobre (t.l.) = vitriol de cuivre (f.t.) = sulfato de cobre (c.a.). Con este nombre se conocen tres sulfatos, éstos son:  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$  y  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>172</sup> Vitriolo de cinc (t.l.) = vitriol de zinc (f.t.) = sulfato de cinc (c.a.).  $\text{ZnSO}_4$ .

<sup>173</sup> Sal acetosa mercurial (t.l.) = sel aceteau mercuriel (f.t.) = acetato de mercurio (c.a.). Bajo esta denominación se conocen los acetatos siguientes:  $\text{Hg}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$  y  $\text{Hg}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ .

<sup>174</sup> Sal acetosa marcial (t.l.) = sel aceteux martial (f.t.) = acetato de hierro (II) tetrahidratado (c.a.).  $\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>175</sup> Vitriolo antimonial (t.l.) = vitriol antimonial (f.t.) = sulfato de antimonio (III) (c.a.).  $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$ .

<sup>176</sup> Vitriolo de hierro (t.l.) = vitriol de fer (f.t.) = sulfato de hierro (c.a.). Con este nombre se conocen seis compuestos diferentes, éstos son:  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  y  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>177</sup> Hierro acetoso (t.l.) = fer aceteux (f.t.) = acetato de hierro (II) tetrahidratado (c.a.).  $\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>178</sup> Hierro nitrado (t.l.) = fer nitré (f.t.) = nitrato de hierro (c.a.). Con este nombre pueden formularse tres compuestos, éstos son:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>179</sup> Nitro de cobre (t.l.) = nitre cuivré (f.t.) = nitrato de cobre (c.a.). Dos son los compuestos que responden a este nombre, y son:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

que es un aire mefítico<sup>180</sup> cuyo volumen equivale a 4 veces El del oro fulminante, produce la explosión.

El oro y la platina no (se) precipitan perfectamente por el álcali fijo [.] quedan en parte en el licor.

El álcali Volátil disuelve la plata al estado de cal, y esta sal se disuelve en el espíritu de Vino. El mercurio se disuelve también al estado de cal y mejor si está todavía húmeda.

El Plomo se disuelve en el álcali fijo y el Volátil, lo mismo que el Cobre Calcinado.

El hierro se disuelve en el álcali fijo aéreo<sup>181</sup>; pero es preciso para ésto disolver el hierro en el ácido nitroso, y echando toda esta disolución sobre el álcali, se forma una arborización marcial<sup>182</sup>.

El álcali Volátil disuelve poco al hierro. El estaño parece estar poco dispuesto a disolverse. El Bismuto se disuelve cuando se precipita nuevamente del ácido nitroso.

El Níquel se disuelve y da un color [34] rojo a la disolución.

El arsénico es soluble en Todos los álcalis. El Cinc hace lo mismo y da cristales, si se le disuelve en el ácido Caústico<sup>183</sup> en estado metálico da aire inflamable. El antimonio se disuelve en un álcali fijo y cristaliza después de haberlo precipitado con un ácido.

La Magnesia fundida con el álcali fijo da una masa soluble, y la disolución es azul. El Color azul que toman [los] Crisoles en la superficie exterior cuando se funde el álcali en un Crisol, proviene de lo que el álcali atraviesa el Crisol y es coloreado por la manganesa que contiene la ceniza.

El color Verde proviene del hierro mezclado que se precipita con el reposo. El color azul no es constante, se cambia en rojo al aire con el tiempo, y al fin desaparece completamente y la manganesa cae en [forma de] polvo negro. Es el ácido aéreo quien combinándose con el álcali opera estos cambios que se pueden acelerar por un ácido cualquiera.

Destilando el sebo<sup>184</sup> varias veces, se retira un ácido que se parece al marino [.] según (.) M<sup>r</sup>. Ackrel<sup>185</sup> forma una sal amónica poco diferente de

<sup>180</sup> Aire mefítico (t.l.) = air mephitique (f.t.) = nitrógeno (c.a.). N<sub>2</sub>.

<sup>181</sup> Alcali fijo aéreo (t.l.) = alcali fixe aére (f.t.) = carbonato de sodio (c.a.). Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

<sup>182</sup> Arborización marcial (t.l.) = arborisation martial (f.t.) = árbol de Marte (c.a.).

Precipitado de silicato de hierro (II), obtenido por inmersión de un cristal de sulfato de hierro (II) en una disolución de silicato de potasio.

<sup>183</sup> Acido caústico (t.l.) = acide caustique (f.t.) = ácido nítrico (c.a.). HNO<sub>3</sub>.

<sup>184</sup> Sebo (t.l.) = suif (f.t.) = sebo (c.a.).

Grasa sólida y dura que se obtiene de los animales herbívoros y que, derretida, se utiliza en la fabricación de velas, jabones, etc.

<sup>185</sup> Quizás Bergman se refiere a L. F. F. von Crell, quien en su Chemical Journal 1788 y sig. se refiere en varias ocasiones a su trabajo con ácidos grasos.

la ordinaria; las Combinaciones con la magnesia, el mercurio [35] y el antimonio se asemejan completamente a las formadas por el ácido marino; pero difiere en las propiedades siguientes [:] se combina con los aceites, se puede formar muy fácilmente del Eter<sup>186</sup> combinándolo con el espíritu de vino; con la tierra calcárea da una sal Cristalizable, la plata y el mercurio se disuelven en este ácido en estado metálico.

La materia que flogistiza los álcalis flogistizados parece ser de naturaleza ácida por la manera de combinarse con los álcalis y el Calor; tiene más afinidad con esta materia que todos los otros ácidos aunque el Vitriólico, y el nitroso concentrados la descomponen en el ácido del calor<sup>187</sup>. cuando se deja al sol la disolución de álcali flogistizado los ácidos la descomponen más fácilmente. La precipitación de metales con este álcali se hace por una doble afinidad [.] con los fósiles viejos se flogistian los álcalis con menos dificultad que con la sangre, lo que hace ver también que esta materia no es sólomente sangre ordinaria.

### De las Tierras [36]

Para separar la tierra pesada se pone 1 parte de álcali vegetal, y 1 parte de espato pesado y carbón en polvo, se les mezcla conjuntamente y se les pone en un Crisol que se Cubre con otro invertido que se tapa, se le lleva del rojo al blanco sin soplar durante dos horas. se tritura bien todo enseguida y se le echa encima el ácido marino desleído en seis veces otro tanto de agua en varias veces, hasta que no se produzca más efervescencia; se hace hervir enseguida la disolución durante un cuarto de hora, se (la) filtra, se echa agua sobre el residuo, y se la hace hervir durante un cuarto de hora. después de Esto se mezclan los licores, se precipita la tierra por el álcali fijo aéreo, y cuando todo se ha precipitado se hace hervir el licor, se le filtra, se le hace hervir de nuevo, y se precipita todavía un poco de tierra que estaba disuelta por el exceso de ácido aéreo procedente de la porción de álcali empleado en saturar el exceso de ácido marino [.] Cinco partes de espato dan 2 de tierra; aunque contiene 84/100 pero no se puede retirar pura la otra porción. Esta tierra toma dos estados diferentes El cáustico y El aéreo [.] en este último estado entra en su composición 65/100 de tierra, 28/100 de agua y 7/100 de ácido aéreo. su peso espe- [37] cífico es como 1 a 3.77, cuando es aérea es insoluble en agua ordinaria; pero en el agua

<sup>186</sup> Eter (t.l.) = ether (f.t.) = éter etílico o dietiléter (c.a.) . (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>O.

<sup>187</sup> La frase «le decomposent a l'acide de la chaleur.» ha sido traducida por Fredga, Rydén, Johnson y Schufle por «la descomponen con la ayuda del calor». Las palabras l'aide y l'acide en francés son muy parecidas en un texto manuscrito, sin embargo, si se tiene en cuenta que el calor era considerado como un elemento químico en la época la frase empleada en este texto tiene mejor sentido.

aérea<sup>188</sup> en frío y en vaso cerrado se disuelve 1/1550 del peso del agua. esta disolución azulea el papel de fernanbuco<sup>189</sup>, y azulea además El de tornasol enrojecido por el Vinagre propiedad que caracteriza a un álcali [,] enrojece la tintura de tornasol, efecto producido por el ácido aéreo.

Calcinándola se vuelve Caústica y una parte disuelta en 900 de agua [,] la reacción sobre el papel de tornasol enrojecido por el Vinagre es alcalina [,] se puede volverla caústica expulsando el ácido aéreo por el fuego. la cal es más caústica y más dispuesta a fundirse.

Esta Tierra quizás sea metálica [,] su peso [específico] y algunas otras propiedades le hacen parecerse a una tierra de plomo, Pues el plomo da una cal blanca que puede ser caústica o aérea; el Vitriolo de plomo es casi insoluble como el espato pesado. tiene una gran afinidad por el ácido Vitriólico [,] por los ácidos nitroso y marino da sales cristalizables, Como el plomo, si se disuelve la [38] tierra pesada en el Vinagre se precipita con el álcali flogistizado en polvo blanco como el plomo. Sin embargo no se ha logrado todavía reducirla en forma metálica:

Las disoluciones de plomo en los ácidos mar<sup>n</sup>. y nitroso estando sobrecargadas de ácido, no son precipitadas por el álcali flogistizado, y si se les echa en el agua el ácido lo abandonan. Pero las sales que quedan son poco solubles.

El peso [específico] de la Tierra Calcárea es de 2.72, Contiene 55/100 de tierra [,] 34/100 de aire y 11/100 de agua [,] El agua aérea disuelve 15/100 de tierra calcárea [,] la materia del Calor que está en la cal es causa de la ebullición que se produce cuando se le rocía con agua [,] por esta adición una parte del Calor es separado pero no todo. la dilatación de la Cal que se apaga, se debe a la porosidad, en cuyos huecos vacios entra el agua, y dilatándose enseguida por el Calor que se desprende, dilata las partes [,] su solubilidad es debida a la Materia del Calor que le Comunica Esta propiedad; una parte de agua se disuelve en 700 de agua, la insolubilidad de la cal demasiado quemada, proviene de que ha comen- [39] zado un poco a fundirse;

Cuando los poros están cerrados no dan un acceso tan libre al agua, y la cal se reduce muy imperceptiblemente en polvo. la gran resistencia de los antiguos morteros proviene de que han tenido todo el tiempo para absorber el aire que les faltaba, por añadidura se utilizaban antiguamente 7 partes de arena en lugar de las 3 ó 4 contra una de Cal que se emplean ahora.

<sup>188</sup> Agua aérea (t.l.) = eau aéré (f.t.) = disolución acuosa de dióxido de carbono (c.a.)

<sup>189</sup> Fernanbuco (t.l.) = fernanbue (f.t.) = fernanbuco (c.a.).

Estado de Brasil cuya capital es Recife (antes Pernanbuco).

### De la Magnesia

Para separar la Magnesia pura de la sal de epton Contenida en las aguas madres de la sal, es preciso descomponer la sal marina a base de tierra Cálcarea por el ácido Vitriólico. se evapora el licor hasta sequedad, y se (le) hace enrojecer en un crisol el residuo de la evaporación: se disuelve enseguida la sal de Epton y queda el Gyps<sup>190</sup>. se precipita después de ésto la tierra con el álcali volátil aéreo<sup>191</sup>, se hace hervir el licor y se filtra. La Magnesia queda para entonces sobre el filtro, y está compuesta de 25/100 de ácido aéreo [,] 30/100 [de agua ?] y 45/100 de tierra. Esta tierra se disuelve en 900 veces su peso de agua fria ordinaria, y en 300 de agua aérea, y en este último caso cristaliza. [40] Esta disolución tiene propiedades alcalinas, y es para quitar toda duda por lo que se usa el álcali volátil. la tintura de Tornasol se enrojece por el exceso de ácido aéreo. se vuelve Caústica en el fuego; pero entonces no es soluble así; la causticidad no acompaña siempre a la solubilidad sino cuando ésta la acompaña se aprecia mejor. la causticidad es una fuerte tendencia a saciarse de la materia con la que un cuerpo se combina. su peso específico es de 2.15 cuando es aérea.

### De la arcilla

Para tener la tierra arcillosa pura, se disuelve el alumbre de Roma<sup>192</sup> y se (le) precipita la tierra por un álcali fijo aéreo, es difícil de separar todo el ácido Vitriólico a Causa de que la parte sobreabundante del ácido estando saturada, el alumbre es menos soluble y se precipita; Para purificar este precipitado se le pone en digestión en el álcali fijo.

El primer precipitado pesa 25 libras por quintal<sup>193</sup> de alumbre cristalizado y 18 después de la digestión. la arcilla [41] ordinaria da 5 veces su volumen de ácido aéreo, y es soluble en el agua aérea aunque en pequeña cantidad, lo que hace que no pueda distinguirse su estado de causticidad. cuando es pura se reduce la mitad al fuego, y toma la dureza de las Piedras: la Tierra silicosa se usa para disminuir la pérdida; la arcilla ordinaria no contiene apenas 1/4 de esta tierra [,] no es fusible por ella misma; pero mezclada con otras por ejemplo con el feldespat<sup>194</sup> se funde. la lejía que queda tras la cristalización del alumbre contiene mucha sal de

<sup>190</sup> Gyps (t.l.) = gyps (f.t.) = yeso o sulfato de calcio dihidratado (c.a.).  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>191</sup> Alkali volátil aéreo (t.l.) = alcali volatil aeré (f.t.) = carbonato de amonio (c.a.).  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .

<sup>192</sup> Alumbre de Roma (t.l.) = alun de Rome (f.t.) = sulfato doble aluminio y potasio dodecahidratado (c.a.).  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>193</sup> Quintal (t.l.) = quintal (f.t.) = quintal (c.a.). Medida de peso cuyo valor varía de unos países a otros siendo próximo a los 50 Kg.

<sup>194</sup> Feldespat<sup>o</sup> (t.l.) = feldsp[*a*]th (f.t.) = feldespat<sup>o</sup> o trisilicato de aluminio y potasio (c.a.).  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ .

Epson, se precipita por la tierra cálcarea aérea<sup>195</sup> que descompone el alumbre y el Vitriolo, pero no la sal de Epson que queda disuelta en el licor.

### De la Tierra Silicosa

Para obtener la tierra silicosa pura se cogen cristales de Roca<sup>196</sup> bien puros, se les calienta hasta el blanco en un crisol varias veces y se les sumerge en el agua fría. a continuación se les pulveriza en un mortero de ágata, se les mezcla con 4 partes de álcali, y se les pone en un crisol [42] que se vierte sobre una piedra y antes de que se enfríe se echa en agua que la disuelve. a continuación se precipita por el ácido Vitriólico, se decanta el licor y se echa ácido nitroso sobre el precipitado y se le hace hervir. las tierras solubles se disuelven para entonces, y lo que queda es la tierra silicosa que después de haberla secado ocupa cuando se la vierte en un vaso lleno de agua 30 veces más (de) espacio que tenía antes de ponerla, lo que explica el fenómeno de la gelatinización de ciertas sustancias por su extrema división. esta tierra se disuelve en el ácido fluórico<sup>197</sup>: el álcali Caústico la disuelve por (la) vía seca y húmeda [...] el cambio de esta Tierra en tierra arcillosa es falso, y este error proviene de los malos procedimientos utilizados para operar esta transmutación. para asegurar que las tierras pueden combinarse entre ellas no hay más que poner tierra de alumbre en agua de cal con la que se une. la conversión de la magnesia de nitro<sup>198</sup> en tierra Calcárea por la Calcinación es también falsa [43] [...] su menor solubilidad o más bien su baja solubilidad, proviene de lo que el fuego contrae los poros y además que están privados de aire fijo, no existe movimiento de ácido aéreo que acelera la Disolución. parece que una de las partes constituyentes de la arcilla es el flogisto. se quita a la tierra de alumbre 12/100 de su peso por el ácido nitroso concentrado, y el residuo es menos graso y da con el ácido Vitriólico un alumbre que no se parece a este residuo en el ácido nitroso dejándolo largo tiempo o con la ayuda del calor. Durante la primera disolución se forman Vapores rojos.

### Del Azufre

El Azufre no Contiene agua y para que el ácido pueda combinarse con el flogisto es necesario que el primero esté completamente desflo-

<sup>195</sup> Tierra calcárea aérea (t.l.) = terre calcaire aére (f.t.) = carbonato de calcio (c.a.).  $\text{CaCO}_3$ .

<sup>196</sup> Cristales de roca (t.l.) = cristaux de Roche (f.t.) = variedad del cuarzo (c.a.).  $\text{SiO}_2$ .

<sup>197</sup> Acido fluórico (t.l.) = acide fluorique (f.t.) = ácido fluorhídrico (c.a.). HF.

<sup>198</sup> Magnesia de nitro (t.l.) = magnésie du nitre (f.t.) = nitrato de magnesio (c.a.). Con este nombre se conocen dos compuestos que se formulan como:  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

gistizado. El flogisto le da el Color, la Volatilidad, el olor que despidе frotándole, y le quita todas las propiedades de ácido. Las flores de azufre<sup>199</sup> se vuelven con el tiempo un poco [44] ácidas, y ésto proviene de que el aire flogistizado desprende un poco de su flogisto.

El Azufre bien fundido Cristaliza al enfriarse y en el momento del enfriamiento atrae los Cuerpos ligeros.

El Azufre se reblandece triturándolo en el agua y forma una pasta la cual (se) sirve para las huellas.

El Azufre se funde a un Calor poco considerable pero si se repite la fusión varias veces al mismo grado [de calor], el residuo que al mismo grado [de calor] adquiere siempre la fusión, no puede fundirse a un calor fuerte [...] ver Fontana<sup>200</sup> en el Journal de l'Abbe Rosier.

En el hígado de azufre no se encuentra la misma cantidad de Azufre que se ha empleado para hacerlo, y con el tiempo se destruye por sí mismo enteramente al aire libre. en esta operación no es sólomente el flogisto quien se va, sino que el azufre combinándose con la materia del calor por el intermedio del flogisto que se escapa [45] forma el aire hepático<sup>201</sup>, y la prueba es que mezclando Este aire disuelto en el agua con el ácido nitroso concentrado puro, Este se carga de flogisto y para entonces el Azufre se precipita y resulta un calor sensible: Este es el medio de reconocer la presencia de Azufre en las aguas minerales. El hígado de azufre hecho por la Vía húmeda con el álcali cáustico es tan bueno como el que se hace por la Vía seca: el álcali Aéreo no ataca casi al azufre.

El Azufre se disuelve en el espíritu de vino, pero es preciso para ésto que las dos materias estén en [forma de] Vapor, el agua precipita el Azufre de esta combinación.

El hígado de azufre se disuelve fácilmente en el espíritu de vino. disuelve al carbón por la vía seca, y húmeda, todos los metales excepto el Cinc pueden combinarse con él por la vía seca, y algunos también por la vía húmeda.

Se puede hacer el hígado de azufre directamente con el tartrato vitriolado o la sal de Glauber y el [46] polvo de carbón. se hace con el álcali volátil un hígado de Azufre volátil<sup>202</sup>, para ésto se toman 2 partes de sal

<sup>199</sup> Flores de azufre (t.l.) = fleurs de soufre (f.t.) = flores de azufre (c.a.). Azufre purificado por destilación que se obtiene en forma de polvo fino amarillo.

<sup>200</sup> Abad Felice Fontana (1730-1805). Físico y químico italiano, profesor de la Universidad de Pisa. Publicó un trabajo muy interesante sobre la acción del calor sobre el azufre que apareció en el Journal del Abad Rosier (una de las primeras revistas científicas europeas).

<sup>201</sup> Aire hepático (t.l.) = air hepaticque (f.t.) = ácido sulfhídrico (c.a.). SH<sub>2</sub>.

<sup>202</sup> Hígado de azufre volátil (t.l.) = foie de soufre volatil (f.t.) = sulfuro de amonio (c.a.). (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S.

amoniacal, 6 partes de cal apagada<sup>203</sup>, y 1 parte de Azufre; este hígado de azufre se destruye al aire libre y el azufre se separa; se puede hacer cinabrio<sup>204</sup> por la vía húmeda echando Sublimado Corrosivo en este licor y rellenado y tapando la botella de manera que no quede espacio vacío. 2 partes de azufre y 1 de cal forman el hígado de Azufre terrestre<sup>205</sup>.

Con la tierra pesada Caústica<sup>206</sup>, se hace también un hígado de azufre, lo mismo [ocurre] con la Magnesia aérea<sup>207</sup>, echando en un frasco lleno de agua una pizca de Azufre y otra de magnesia, adaptando al Cuello una vejiga, y teniendo el frasco durante 12 horas al baño maría [,] abriendo enseguida el frasco se siente un olor de hígado de Azufre: este hígado de Azufre se descompone al aire.

Los aceites grasos disuelven el Azufre y forman con él el bálsamo de azufre<sup>208</sup>, lo mismo [ocurre] con los aceites esenciales, pero se disuelven más a la cal que en frío, y el Azufre Cristaliza [47] enfriándose [,] parece que el Azufre se descompone en esta operación, Pues no se retira por la destilación más que el ácido sulfuroso, Como cuando se mezcla el ácido Vitriólico con los aceites.

### Piróforo<sup>209</sup>

Para hacer el piróforo es necesario absolutamente [disponer] de ácido Vitriólico, álcali fijo y flogisto: si se utiliza alumbre que no contiene álcali, no se forma el piróforo. Para hacerlo se toman 2 ó 3 partes de alumbre y 1 de azúcar, se les mezcla y se les calcina sin hacer enrojecer la masa: cuando el Azúcar es reducido a Carbón y no despiden más humo la Calcinación está terminada. se llena enseguida un frasco hasta los dos tercios de esta materia se coloca el frasco en un crisol lleno de arena, y se le cubre hasta el cuello, se le cierra con un tapón de arcilla pero de manera que no ajuste demasiado[,] se hace enrojecer después de esto el crisol y se le tiene en este estado hasta que salga una llama azul, y cuando esta llama comienza a desaparecer, se quita el fuego, se tapa el frasco, se le deja enfriar [48] por sí mismo, después de lo cual se quita el tapón de arcilla y se pone en su lugar uno de corcho.

<sup>203</sup> Cal apagada (t.l.) = chaux éteinte (f.t.) = cal apagada o hidróxido de calcio (c.a.).  $\text{Ca(OH)}_2$ .

<sup>204</sup> Cinabrio (t.l.) = cinnabre (f.t.) = cinabrio o sulfuro de mercurio (II) (c.a.).  $\text{HgS}$ .

<sup>205</sup> Hígado de azufre terrestre (t.l.) = foie de soufre terrestre (f.t.) = sulfuro de calcio (c.a.).  $\text{CaS}$ .

<sup>206</sup> Tierra pesada cáustica (t.l.) = terre pesant caustique (f.t.) = óxido de bario (c.a.).  $\text{BaO}$ .

<sup>207</sup> Magnesia aérea (t.l.) = magnésie aérée (f.t.) = carbonato de magnesio (c.a.).  $\text{MgCO}_3$ .

<sup>208</sup> Bálsamo de azufre (t.l.) = beaume de soufre (f.t.) = bálsamo de azufre (c.a.).

<sup>209</sup> Piróforo (t.l.) = pyrophore (f.t.) = piróforo (c.a.).

Sustancia que se inflama espontáneamente en el aire.

Se hace más fácilmente todavía mezclando 4 partes de alumbre y una de polvo de carbón. no se obtiene (en absoluto) piróforo, cuando no se pone allí más que 1/15 de carbón, y tampoco poniendo otro tanto de alumbre. si se hace esta operación adaptando un aparato Pneumato Químico, pasa primeramente el aire fijo, después una mezcla de aire fijo y aire inflamable, y al final el aire inflamable puro; pero éste último difiere un poco del obtenido del hierro por medio de ácid<sup>s</sup>.[.] parece ser menos inflamable.

En todo piróforo hay hígado de azufre: o éste estando descompuesto por el aire desflogistizado de la atmósfera como le ocurre al hígado de azufre hecho por (la) Vía húmeda, este aire forma con el flogisto la materia del Calor, que pone en combustión el carbón del piróforo.

El piróforo es un buen medio para reconocer la pureza del aire. absorbe las 28/100 [partes] de aire ordinario, mientras que el aire nitroso no [49] absorbe todo lo más que 20/100 ó 25/100[.] si se hace quemar el piróforo aumenta de peso incluso en el instante de la combustión, lo que proviene del calor específico aumentado en el piróforo quemado.

El hígado de azufre ordinario absorbe 1/3 de aire atmosférico, y es por consecuencia un eudiómetro<sup>210</sup> más sensible todavía que el piróforo.

El fósforo es una especie de azufre compuesto de ácido fosfórico. Cuando se le quema, el residuo que es de ácido fosfórico pesa más que el fósforo que se ha quemado, y este aumento responde al peso del aire disminuido en el que se ha quemado, pero este peso proviene del Calor específico que se ha acumulado en este ácido.

La fosforescencia<sup>211</sup> del espato flúor cuando se calienta hasta un cierto grado proviene de la luz que resulta de la combinación de la materia del Calor, bien del mismo Cuerpo, bien del fuego que se emplea, con el flogis [50] to del flúor<sup>212</sup>; El flúor contiene flogisto. no se puede incluso despojar su ácido de este principio. esta fosforescencia se pierde, si se (le) calienta demasiado al flúor, o si se (le) repite el Calentamiento varias veces.

<sup>210</sup> Eudiómetro (t.l.) = eudiometre (f.t.) = eudiómetro (c.a.).

Instrumento que sirve para hacer el análisis volumétrico de determinadas mezclas gaseosas o la síntesis de ciertos compuestos cuyos constituyentes son gases, haciendo saltar la chispa eléctrica en el seno de la mezcla.

<sup>211</sup> Fosforescencia (t.l.) = phosphorence o phosphorescence (f.t.) = fosforescencia (c.a.).

La fosforescencia es una radiación que se emite con cierto retraso después de haber irradiado una sustancia. En realidad Bergman se está refiriendo a la fluorescencia. Este fenómeno difiere del anterior en que la vida de las moléculas activadas es enormemente pequeña, inferior a la millonésima de segundo, y se produce simultáneamente a la irradiación de la sustancia.

<sup>212</sup> Flúor (t.l.) = fluor (f.t.) = flúor (c.a.). F<sub>2</sub>.

Muchos otros Cuerpos producen este mismo efecto más o menos sensiblemente, si se (le) echa tierra calcárea sobre una placa de hierro caliente no enrojecida, se ven unos pequeños puntos luminosos.

La fosforescencia de la piedra de Bolonia<sup>213</sup> no puede ser como lo pretende el Padre Beccaria<sup>214</sup> más que una absorción de la luz.

El fósforo de Bauduin<sup>215</sup> es la sal nitrosa calcárea calcinada hasta [el] amarillo en un Crisol. si se (le) pone a este crisol a la [luz del] día o a la luz de una Candela, enseguida se ilumina en la oscuridad como la piedra de Bolonia.

### De los Aceites

La luz no se une más que débilmente a estos Cuerpos y se escapa pronto.

Los aceites son materias que Contienen mucho flogisto, una porción de agua, á [51]cido y tierra.

Se puede por destilaciones reiteradas volver los aceites grasos enteramente Volátiles sin dejar ningún residuo carbonoso, y se hacen por ésto, solubles en el espíritu de Vino [.] pasa al recipiente una flema ácida que disminuye cada vez. La destilación les aproxima pues a los aceites esenciales.

Todos los aceites calentados desde el grado 120°. [del termómetro] de Reaumur hasta el 184°. adquieren la fosforescencia, es [el mismo] fenómeno que en el espato de flúor.

La cera adquiere también esta propiedad a un alto grado de calor; los vapores en los que se reduce al grado 244 se inflaman ellas mismas al Contacto del aire. Este efecto proviene de lo que las moléculas Volátiles se deflogistizan y que su flogisto combinándose con el aire puro de la atmósfera, forma la materia del Calor [,] la cual junto al grado de Calor [52] que dan las materias combustibles que se emplean inflama las moléculas aceitosas.

Todos los aceites no producen el mismo efecto, por lo que los unos se inflaman más fácilmente que los otros.

Los aceites esenciales se alteran sobre todo con el contacto del aire, cambian de color y adquieren acidez.

<sup>213</sup> Piedra de Bolonia (t.l.) = pierre de Bologne (f.t.) = variedad de barita o sulfato de bario, BaSO<sub>4</sub>, impurificado (c.a.).

<sup>214</sup> Giacomo Battista Beccaria (1716–1781). Físico y geodesta italiano, profesor de la Universidad de Turín (1748). Estudió la combustión.

<sup>215</sup> Fósforo de Bauduin (t.l.) = fósforo de Balduino (t.l.) = nitrato de calcio calcinado (c.a.).  
Dependiendo de la temperatura se descompone según la reacción siguiente:  
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow \text{CaO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$

El espíritu rector que entra en la composición de los aceites esenciales, y que les da la ligereza y la Volatilidad se une al agua. se puede devolver a los aceites esenciales viejos su finura destilándolos con el agua cargada de espíritu rector de la misma planta.

Se pueden hacer jabones ácidos sobre todo con los ácidos Vitriólico, y marino para hacer esta Combinación es necesario echar gota [a gota] el aceite sobre el ácido y tritularlos bien, o bien [echar el ácido] gota a gota sobre el aceite, y mejor todavía tomando jabón ordinario y echando el ácido encima que descompone primero el jabón y desprende el aceite [...] pero echando más ácido se combina más [53] fácilmente con el aceite que está muy dividido.

El aceite que se retira de la descomposición del jabón ordinario es soluble en el espíritu de Vino [...] parece que la materia del calor que se Separa siempre cuando se combina el álcali le da<sup>216</sup> Caústico con un ácido, que uniéndose al aceite le da esta propiedad.

Loa aceites esenciales forman también jabones con el ácido Vitriólico. se pueden utilizar estos jabones para formar el jabón de starkey<sup>217</sup> descomponiéndolo con el álcali, que echando no más que lo necesario para saturar el ácido se combina fácilmente con el aceite muy dividido.

Se forman también jabones ácidos con los aceites empireumático[s]<sup>218</sup>.

Para hacer estos Jabones con el ácido marino, es necesario emplear el Calor. Los aceites esenciales empireumáticos se combinan más fácilmente que los aceites grasos por la Vía directa, pero puede lograrse mejor por la Vía descrita arriba. [54]

El ácido nitroso siendo muy ávido del flogisto inflama cuando está concentrado los aceites esenciales, y los aceites grasos secantes, como el aceite de lino; pero los otros aceites no secantes, como Los de olivas, no se inflaman directamente; es necesario para que este efecto tenga lugar mezclar una porción de ácido Vitriólico con el ácido nitroso. Para hacer esta experiencia se pone un lote de aceite en un Vaso Cónico y se vierte encima primero los 2/3 de un lote de ácido nitroso puesto en un frasco al extremo de una varilla, y enseguida el otro tercio, cuando la materia toma fuego. Este

<sup>216</sup> «quand on combine l'alkali lui donne caustique avec un acide... ». En el texto original aparece subrayado lui donne que parece sobrar. Tal vez el autor quería tacharlo de esta manera.

<sup>217</sup> Jabón de starkey (t.l.) = savon de starkey (f.t.) = jabón de starkey (c.a.).

<sup>218</sup> Aceites empireumáticos (t.l.) = huiles empireumatiques (f.t.) = aceites empireumáticos (c.a.). Los aceites empireumáticos son cuerpos de composición química análoga a la de las breas, procedentes de la destilación seca de diversas materias orgánicas. Son líquidos de consistencia y coloración variables que se alteran con facilidad por acción del aire.

fenómeno proviene de lo que los aceites se desflogistizan [... ?]<sup>219</sup> mayor que unida a la que pierde el ácido nitroso flogistizándose, forma un Calor bastante fuerte.

### Del Alcanfor<sup>220</sup>

El Alcanfor se disuelve en el ácido nitroso. El ácido Vitriólico lo disuelve más fácilmente, es necesario 8 veces su peso de ácido. se vuelve líquido poniéndolo en un vaso cuando hay aire vitriólico<sup>221</sup>, o marino<sup>222</sup>. se disuelve en el agua, sobre todo cuando se [55] lo precipita de un ácido por este intermedio. esta materia tiene semejanza con los aceites y las sales.

### Del Eter

El éter tiene analogía con los aceites esenciales y parece ser intermedio ent[re] ellos y el espíritu [de vino] por su Combustión y su solubilidad en el agua. En la operación<sup>223</sup> del éter pasa en primer lugar el espíritu de Vino más Concentrado que el que se ha empleado, enseguida el éter, después de ésto, un ácido sulfuroso volátil<sup>224</sup>, luego un aceite muy sutil, y al fin un aceite más espeso, negro, y sin olor. parece que la privación del agua en el espíritu de Vino, y el aumento de flogisto en la misma proporción que pierde su solubilidad en el agua son las Causas de estos cambios; Esta es la opinión de maquet<sup>225</sup>, pero Buequet<sup>226</sup> es de un parecer contrario.

El licor mineral de Hoffmann<sup>227</sup> es el espíritu de vino unido al éter; 1/5 es éter y el resto espíritu de Vino. [56]

<sup>219</sup> Parece que el copista omitió alguna o algunas palabras.

<sup>220</sup> Alcanfor (t.l.) = camphre (f.t.) = alcanfor o 2-canfanona (c.a.).  $C_{10}H_{16}O$ .

El alcanfor se halla contenido en el aceite esencial del árbol del alcanfor que crece principalmente en Japón y Formosa. Se emplea en medicina y en la fabricación del celuloide.

<sup>221</sup> Aire vitriólico (t.l.) = air vitriolique (f.t.) = vapores de ácido sulfúrico (c.a.).

<sup>222</sup> Aire marino (t.l.) = air marin (f.t.) = vapores de ácido clorhídrico (c.a.).

<sup>223</sup> Operación (t.l.) = operation (f.t.) = preparación (c.a.).

<sup>224</sup> Acido sulfuroso volátil (t.l.) = acide sulphureux volatil (f.t.) = Dióxido de azufre (c.a.).  $SO_2$ .

<sup>225</sup> Pierre Joseph Macquet o Maquer (1718–1784). Químico y médico francés. Miembro de l'Académie des Sciences en 1745. Acepto los experimentos de Lavoisier y la teoría del flogisto. Fue el primero en observar que la combustión del hidrógeno produce agua (1776).

<sup>226</sup> Jean Baptiste Michel Bucquet (1746–1780). Químico y médico francés. Profesor en l'Ecole de Médecine de Paris. Colaboró con Lavoisier en algunas investigaciones.

<sup>227</sup> Licor mineral de Hoffmann (t.l.) = liqueur mineral de Hoffmann (f.t.) = licor mineral de Hoffmann (c.a.). Líquido formado por la mezcla a partes iguales de alcohol y éter, empleado para el tratamiento tópico de la alopecia areata.

No se puede preparar éter con el Vinagre aunque [sea] muy concentrado, y si se le ha obtenido alguna vez es debido al ácido mineral<sup>228</sup> del cual se ha partido para tener el vinagre radical.

El éter hecho con el aceite nitroso es más aceitoso; quizás entre un poco de ácido [en] su composición.

El Eter (el) más concentrado es el primer 1/8 que pasa en la destilación; disuelve la resina Elástica. se puede disolver también esta resina en los aceites esenciales, pero después, el desecamiento se hace más lentamente que [el] de la disolución en el Eter.

### Del Carbón

Todo Carbón proviene de las materias aceitosas, y no es más que la carcasa del Vegetal formada por sus partes fijas y el flogisto.

Para conocer la cantidad de flogisto contenido en el carbón se utiliza la detonación con el nitro.

El peso específico del Carbón de roble es  
 Roble. . .0.032, son necesarias 35 partes  
 de abedul. . .0.542,... 22 para el álcali  
 de Pino... 0.280... 29 ser [...?]<sup>229</sup> 100 partes de nitro  
 de Abeto... 0.441. . .33  
 El carbón de tierra de Inglaterra<sup>230</sup>  
 Tostado... 0.747. . .19

Algunos Carbones no pueden detonar en las Vasijas cerradas sin romperlas, tal como el de roble, y Pino; El de abedul produce<sup>231</sup> que son los carbones que contienen menos flogisto los que producen este fenómeno. esto parece provenir de la diferencia de contactos de las moléculas de las materias que se emplean, Cuanto menos flogisto contenga el Carbón, más hace falta para alcalinizar una cantidad dada de nitro, o en este caso las moléculas de nitro que no pueden ser rodeadas más que de una cierta cantidad de partes de Carbones no encuentran la cantidad de flogisto necesaria para su perfecta saturación formando el aire nitroso que es la causa de la explosión, mientras que si ellas encuentran bastante [58] se forma la materia del Calor.

<sup>228</sup> Acido mineral (t.l.) = acide mineral (f.t.) = ácido mineral o inorgánico (c.a.).

<sup>229</sup> Parece que el copista omitió algunas palabras en el texto.

<sup>230</sup> Carbón de tierra de Inglaterra (t.l.) = charbon de terre de Anglaterre (f.t.) carbón de coque (c.a.). C.

<sup>231</sup> Produce (t.l.) = produit (f.t.) = prueba (c.a.).

El Carbón contiene de 6 a 8 veces su Volumen de aire, que se puede separar por (la) destilación, y absorbe al enfriarse la misma cantidad de aire atmosférico, u otro aire sin descomponerlo; pero si se le destila de nuevo el aire que sale está viciado<sup>232</sup>.

Si después de haber hecho enrojecer un carbón, se le sumerge en mercurio, se rellena de esta materia, pero no tan completamente como para que no pueda todavía atraer aire.

Si se le sumerge en el aceite no absorbe después el aire.

Se puede hacer el vacío con un Carbón encendido en un Vaso proporcionado.

El carbón ardiendo suelta el aire inflamable en el momento en el que se le sumerge en el aceite o en el agua.

Se podría Conocer la cantidad de flogisto contenido en el Carbón, por la del aire Vitriólico que se engendra tratándole al fuego con el ácido vitriólico; lo mismo ocurre con el ácido nitroso que produce un aire nitroso [59][.] se puede blanquear enteramente el carbón metiéndole una cantidad Suficiente de ácido.

El Carbón Contiene también ácido aéreo que parece estar combinado con el flogisto y formar una especie de azufre o plombagina<sup>233</sup>. puede Convencerse de ello fudiendo el Carbón con el álcali fijo que se carga de este aire.

El carbón quemado al aire libre y el residuo que deja Es (de) la ceniza que contiene la tierra Calcárea Aérea o fosfórica. se puede reconocer de cual de estas dos materias está compuesto, en que la última no puede ser saturada por los ácidos nitroso y marino, Es decir que la disolución da siempre índices ácidos.

Parece que el carbón de tierra<sup>234</sup> contiene más de esta plombagina que El de madera; además no contiene álcali.

Se encuentra una diferente adherencia del flogisto en los diferentes carbones: El de las materias animales y aceites es difícil de consumir, esta diferente adherencia podrá formar una Cadena que termina en el Bra Erz<sup>235</sup> que es casi incombustible [60] y se Volatiliza antes.

Se encuentran todavía otras sales neutras en las cenizas y sobre todo tartrato Vitriolado que frecuentemente hace 1/4 de la masa. Se encuentra también alguna vez sal febrífuga de Silvius [,] raramente sal común y ésta sólomente en las plantas marinas.

<sup>232</sup> Aire viciado (t.l.) = air agaté o gaté o gatté (f.t.) = nitrógeno. N<sub>2</sub>.

<sup>233</sup> Plombagina (t.l.) = plombagine (f.t.) = grafito o plomo negro (c.a.). C(grafito).

<sup>234</sup> Carbón de tierra (t.l.) = charbon de terre (f.t.) = carbón mineral (c.a.).

<sup>235</sup> Bra Erz (t.l.) = Bra Erz (f.t.) = Especie de ceniza (c.a.).

**Del Hollín**<sup>236</sup>

El hollín se parece mucho al carbón, se forma en la combustión de algunos cuerpos inflamable[s]. tiene un gusto amargo, y contiene álcali Volátil, y fijo [,] (de la) tierra, y agua y da<sup>237</sup> por destilación un aceite empireumático y sal amoniacal hacia el final.

El agua y el espíritu de Vino disuelven una porción, y la disolución se vuelve parda.

La diferencia [entre los] hollines proviene menos de la naturaleza de las materias que los han producido, que del grado de Calor al cual han sido expuestos.

El hollín que se pega a una placa de metal cuando se (la) pone sobre una Vela o lámpara, difiere del que proviene de la combustión [61] de la madera, puesto que no colorea [ni] el agua ni el espíritu de Vino. no se encuentra diferencia entre los que provienen de diferentes aceites. este hollín no parece ser otra cosa que los átomos de aceite carbonizados.

Para marcar las ovejas el mejor Color que se puede emplear es un compuesto de negro de humo<sup>238</sup> y de hollín al que se le añade 1/8 de alquitrán<sup>239</sup>: Este Color se va en el agua de jabón.

Se puede hacer el azul de Erlangen<sup>240</sup> fundiendo el álcali con el hollín y el carbón [,] haciendo la lejía y precipitando con ella el Vitriolo de marte como de ordinario. Esta materia (.) difiere poco de la del azul de Prusia<sup>241</sup>. Quizás el ácido del cual hemos hablado en el artículo del azul de Prusia sea diferente en los Vegetales.

El hollín no es más que el humo que se fija a los Cuerpos que toca, y está Compuesto de partes Volátiles del Cuerpo que arde conjuntamente con las partes combustibles que no han [62] podido sufrir la combustión.

<sup>236</sup> Hollín (t.l.) = suie (f.t.) = hollín (c.a.).

El hollín es carbono impuro.

<sup>237</sup> la frase «et contient del' alcali volatil, et fixe de la terre, et del'eau et donne... «podría tener la traducción siguiente que se adapta mejor al texto « y contiene álcali volátil, y fijo, tierra y agua y da... ».

<sup>238</sup> Negro de humo (t.l.) = noire de fumée (f.t.) = negro de humo (c.a.).

El negro de humo es carbono impuro.

<sup>239</sup> Alquitrán (t.l.) = goudron (f.t.) = alquitrán (c.a.).

Producto obtenido de la destilación seca de materias orgánicas, como la hulla, el petróleo y la madera. El alquitrán de hulla se condensa en una masa negra debido al carbono libre y de olor desagradable. Por deshidratación y destilación del alquitrán se pueden obtener cinco fracciones: aceites ligeros, aceites medios, aceites pesados, aceites de antraceno y pez.

<sup>240</sup> Azul de Erlangen (t.l.) = Bleu d'Erlangen (f.t.) = Azul de Erlangen (c.a.).

Ciudad de la República Federal de Alemania al norte de Nuremberg.

<sup>241</sup> Azul de Prusia (t.l.) = bleu de Pruse o Prusse (f.t.) = hexacianoferrato(II,III) de hierro(III) (azul de Prusia) y hexacianoferrato(II,III) de potasio (azul de Prusia soluble) (c.a.).

### De la Pólvora Fulminante<sup>242</sup>

La Pólvora fulminante está compuesta de 3 partes de nitro [,] dos de álcali, y 1 de azufre, que se tritura separadamente y que se mezclan bien [,] cuando se (la) calienta hasta fundir en una Cuchara, produce una explosión muy fuerte; y hace un agujero en la Cuchara. Este fenómeno viene de que el álcali y el azufre forman un hígado de azufre, en el cual el flogisto está ligeramente unido, y que el nitro que atrae este flogisto detona con ayuda del Calor. no es sino que esta materia actúa solamente Hacia abajo (,) en todos los sentidos, pero la columna de aire superior al no ceder suficientemente deprisa, le opone una resistencia, mientras que la inferior dilatada por el Calor le opone menos [resistencia] y por Consiguiente todo el efecto se ejerce Hacia abajo y encuentra a la cuchara.

La pólvora de Cañon de Suecia está compuesta por 75/100 de nitro [,] 15/100 de carbón y 9 1/2 /100 de azufre. en la detonación de esta pólvora se engendra el aire desflogistizado [,] el aire nitroso, el aire aéreo proveniente del carbón, y el aire [63] viciado semejante al contenido en el aire atmosférico.

### De los Metales

hay varios metales que se inflaman al fuego, como el Cinc, y el arsénico, lo que hace la continuación de la cadena de los Cuerpos inflamables (,) a los metales. El arsénico siendo muy Volátil no se inflama fácilmente al menos que no se le exponga súbitamente a un calor considerable, Como sobre una placa de hierro o una piedra al rojo.

Los metales se distinguen de los otros cuerpos por su peso específico que en los menos pesados es como de 1 a 6, se debe considerar en los metales tres estados diferentes, el de metal, (de) cal y (de) ácido y aunque no se pueda reducir todos a estos tres estados, algunos se reducen, otros se acercan a ellos más o menos, y es de creer que la naturaleza se ha servido de los mismos medios para la formación de todos ellos [,] esta diferencia parece provenir de la adherencia más o menos fuerte del flogisto [64] y quizás pudiera ocurrir al privarles de él y reducirlos al estado de ácido como el arsénico y otros.

Flogisto Coagulante es el q<sup>e</sup>. contienen las Cales metálicas<sup>243</sup>, y el flogisto reductor el que les es necesario para volver a tomar las cualidades metálicas.

<sup>242</sup> Pólvora fulminante (t.l.) = poudre fulminante (f.t.) = pólvora fulminante (c.a.).

La pólvora fulminante está compuesta por tres partes de nitrato de potasio, dos de hidróxido de potasio y una de azufre. Sin embargo la pólvora de cañón de Suecia tenía una composición diferente, estando compuesta por 75% de nitrato de potasio, 15% de carbón y 9.5% de azufre.

<sup>243</sup> Cales metálicas (t.l.) = chaux metalques (f.t.) = óxidos metálicos (c.a.).

Para conocer la cantidad de flogisto saturante de un metal se utiliza la disolución de plata en el ácido nitroso, de la que se conoce la cantidad de plata contenida. se pone en esta disolución una cantidad determinada de otro metal bien pesada, después q<sup>e</sup>. la precipitación ha acabado, se retira el resto del metal que se limpia bien y (que) se pesa, y por el peso que falta se juzga si el metal Contiene  $1/3$  ó  $1/2$  del flogisto saturante de la plata. Por ejemplo si la cantidad de plata disuelta en un lote, si fueran precisos 2 lotes de cobre para la total precipitación, se diría que la plata contiene el doble de flogisto saturante que el cobre.

El calor específico es mayor [65] en las cales metálicas que en los metales, y todavía más en los ácidos metálicos<sup>244</sup>. El peso absoluto aumenta en la misma proporción pero, el peso específico aumenta en sentido Contrario.

La cantidad de flogisto reductor en los metales está en la proporción siguiente:

Platina .....	756	dudoso	Cobre .....	323
Oro .....	394		Cobalto .....	270
Hierro .....	342		Magnesia.....	196
Cinc .....	182		Plata.....	100
Niquel.....	56		Mercurio.....	74
Antimonio.....	120		Bismuto .....	57
Estaño .....	114		Plomo .....	43
Régulo de arsénico.....	109			

Esta tabla ha sido hecha para dos metales de los cuales uno [,] la plata se disuelve en ácido nitroso para los metales que precipitan la plata y son solubles en ácido nitroso, y el otro el Cinc se disuelve en agua regia. sin embargo los ensayos con este último son difíciles, porque la Cal de Cinc reacciona sobre las otras cales metálicas. se Ve un ejemplo de esta reacción precipitando [66] por un álcali la disolución de Cinc y de Cobalto en un mismo Acido. Pues el precipitado que es rojo se vuelve Verde por la calcinación como el de níquel, mientras que el precipitado de Cobalto sólo que es rojo se vuelve negro al Calcinarlo, y el de Cinc queda siempre blanco.

Las cales metálicas no precipitan la disolución de un metal, que los metales de los que provienen precipitan cuando están en estado de régulo; así es más bien a la diferente afinidad de los metales con el flogisto a la que se deben atribuir estos fenómenos, y en consecuencia las series de metales que en las tablas de afinidades se encuentran en las columnas de ácidos deben ser puestas en (.) la del flogisto en un orden inverso.

<sup>244</sup> Ácidos metálicos (t.l.) = acides metaliques (f.t.) = ácidos metálicos (c.a.).

Las cales metálicas no tienen afinidad electiva<sup>245</sup> con los Ácidos, Pues la cal disuelta no puede ser precipitada por ninguna otra.

Todos los metales pueden ser divididos en dos clases a saber en nobles, e innobles [.]. Nobles hay 3 a saber[,], el oro[,], la platina y la plata. [67]

Homberg<sup>246</sup> dice que el oro expuesto al espejo ardiente<sup>247</sup> se calcina y se Volatiliza en parte [.]. Esta experiencia es Confirmada por la de Mr. Maquer, así el carácter de incalcinabilidad que es el principal que le distingue de los metales innobles está relacionado con el grado de fuego que se emplea.

Las cales de metales nobles se reducen sin adición de flogisto, lo que prueba la gran afinidad de sus cales o ácidos radicales con el flogisto, que es bastante fuerte para descomponer la materia del calor, este calor se encuentra en parte ya en las cales, y en parte proviene del fuego que se emplea para la reducción.

El Mercurio hace de puente entre los metales nobles y los innobles, puesto que se reduce sin adición [de flogisto]. El infierno de Boile<sup>248</sup> que se emplea para calcinar el mercurio tiene una doble ventaja la de impedir la Volatilización del mercurio y la de dejar una comunicación con el aire. no hace falta [68] dar un calor demasiado fuerte para volatilizar el mercurio. Esta cal no produce efervescencia con los ácidos, lo que debería ocurrir si contuviese aire vital<sup>249</sup> en estado de aire. El aire vital que se retira de esta Cal por un fuego muy fuerte<sup>250</sup>, proviene de la porción de la materia del calor que ha sido privada de su flogisto. cuando se la reduce por el carbón se obtiene gas más o menos en proporción al grado de calor que se emplea, y del que una parte es aire fijo (.) que proviene del carbón en el cual estaba

<sup>245</sup> Afinidad electiva (t.l.) = affinite elective (f.t.) = afinidad electiva (c.a.).

Concepto introducido por Bergman para indicar la capacidad de combinarse los diferentes sustancias.

<sup>246</sup> Wilhelm Homberg (1652–1715). Químico y médico holandés. Fue miembro de l' Académie des Sciences. Realizó experimentos cuantitativos sobre la neutralización de ácidos y bases.

<sup>247</sup> Espejo ardiente (t.l.) = miroir ardent (f.t.) = lupa (c.a.).

<sup>248</sup> Infierno de Boile (t.l.) = enfer de Boile (f.t.) = infierno de Boyle (c.a.).

Retorta de vidrio de fondo plano y cuello prolongado, empleado para los mismos usos que hoy tienen los matraces ordinarios.

<sup>248</sup> Robert Boyle (1627–1691). Químico y físico inglés, miembro de la Royal Society. Se le considera como el fundador de la química como ciencia experimental. Dió una clara definición de elemento químico basada en criterios experimentales. Su libro «The Sceptical Chymist» (1661) ha sido uno de los textos más importantes en la historia de la química.

<sup>249</sup> Aire vital (t.l.) = air vital o vittal (f.t.) = oxígeno. O<sub>2</sub>.

<sup>250</sup> Bergman se está refiriendo aquí a la producción de oxígeno al calentar la cal de mercurio (óxido de mercurio (II), HgO), un descubrimiento que fue publicado por él por vez primera en 1766. Dijo que estaba repitiendo un trabajo de Scheele.

Combinado con el flogisto del cual no se puede separar mientras que no le abandone para unirse a otro Cuerpo; La otra parte es (el) aire viciado del que hemos hablado en el artículo del Carbón. sale más gas dando un fuerte calor, porque el aire viciado exige este grado para formarse.

La Calcinación de metales innobles se hace al aire libre bastante fácilmente. se calcinan también en parte en los Vasos cerrados, [69] pero (ésto) es solamente en razón del aire que contienen. otro medio de Calcinarlos es por los ácidos.

Durante la Calcinación al aire libre, el flogisto se combina con el aire vital de la atmósfera y forma la materia del calor que queda en parte combinada con la cal. no se encuentra en la cal la misma cantidad de aire que hay en parte de la materia del calor que ha formado, se ha disipado y no queda Combinada.

hay cales metálicas que absorben el Acido Aéreo; pero al mismo tiempo el Calor específico no está en tan gran cantidad en estas cales [.]. Este ácido aéreo se combina mejor durante el acto de la calcinación que después, y Está es la razón por la que Calcinando los metales que absorben esta ácido, no se encuentra ácido aéreo en el aire restante.

Cuando se disuelve un metal [70] en un ácido se despoja en primer lugar de una parte de su flogisto. El Termómetro sube en esta operación, lo que indica que la disolución Conserva menos materia del Calor que la que tenía el metal o el ácido, y Bermann pretende que es el metal quien la pierde, y que así están compuestos de álcali aéreo, tierra calcárea aérea de hierro, magnesia y alguna vez también de tartrato Vitriolado. Estas experiencias han sido hechas con las 4 Especies de carbón arriba mencionadas.

Para reducir 100 granos<sup>251</sup> de precipitado per se son necesarios 8 granos de Carbón de abedul [.]. estos 8 granos dan 1/200 granos de ceniza (.) o estas cenizas deberían contener las 78 pulgadas cúbicas<sup>252</sup> de aire vital que dan los 100 granos de precipitado, Pues el ácido aéreo que se produce proviene del carbón; pero el resto del carbón después de la reducción no responde más que a 1/2 grano y 78 pulgadas Cúbicas de aire Vital hacen 39 granos; sin embargo este aire no ha sido absorbido por la ceniza, pues si así fuese [71] debería responder a la suma del peso del aire Vital y el de las partes fijas de la ceniza. se puede Ver lo que dice sobre ésto Bergmann en el 2º. Volumen de sus opúsculos Pág. 393<sup>253</sup>.

<sup>251</sup> Grano (t.l.) = grain (f.t.) = grano (c.a.). Medida de peso que equivale según unos autores a 0.048 g. y según otros a 0.053 g. ó 0.0648 g.

<sup>252</sup> Pulgada cúbica (t.l.) = pouces cuiviques (f.t.) = pulgada cúbica (c.a.). Medida de volumen que equivalía a 16.387 cm<sup>3</sup> según unos autores ó 19.7 cm<sup>3</sup> según otros.

<sup>253</sup> «De praecipitatis metallicis», en Bergman «Opuscula physica et chemica», Vol. II, 1780.

La Magnesia tiene un peso específico de 6, a 8.

La tenacidad, la dureza y la Maleabilidad son propiedades esenciales de los metales. La fragilidad del hierro crudo proviene de la plombagina que contiene.

La fusibilidad es otra propiedad esencial. El Mercurio es el más fácil de fundir; no se ha determinado con precisión el grado de frío necesario para congelarlo, se necesitan 200 grados de frío por lo menos: este año de 1783<sup>254</sup> el frío ha sido en Torneau<sup>255</sup> de 52 grados y el mercurio no se ha congelado. El Estaño requiere un calor de 230 grados, el Bismuto 250, el Plomo 300, el Cinc 370, El arsénico más que el Cinc, el antimonio 430, la plata 540, el oro 750, el Cobalto y el Níquel 700 y más [,] el cobre 788 [,] el hierro malea- [72] ble 880, el Magnesio y la platina [... ?] [,] estos grados están determinados sobre la escala Sueca que coloca el agua hirviendo en 100 grados, los grados por encima de 600 están determinados por el Pirómetro<sup>256</sup>.

Varios metales unidos juntos se funden con una facilidad que no responde a la fusibilidad media de dos metales.

### Del Agua y del Calor

El agua en estado líquido puede ser Considerada como compuesta de partículas sólidas de una pequeñez extrema.

El calor varía en cada momento en los cuerpos.

El criterio de M<sup>r</sup>. Macquer no es Verosimil Pues repugna a las leyes generales del movimiento.

hay dos criterios sobre la distribución del Calor en los Cuerpos. Boherhave<sup>257</sup> pretende que está en razón del Volumen; y otros en razón del peso específico; pero los dos son falsos: Pues si se moldean diferentes materias a una misma forma y se (que) exponen éstos cuerpos al Calor [73]

<sup>254</sup> Seguramente se refiere al año 1782, año en que fue dictado este curso. Esto puede indicar que la copia definitiva del manuscrito puede haber sido realizada en 1783. El que la copió debió de escribir por error el año en curso de 1783. La copia fue probablemente realizada por el propio Juan José D'Elhuyar en Bergara antes de salir hacia Cádiz en diciembre de 1783 con destino a Nueva Granada.

<sup>255</sup> Tornio (en sueco, Torneå), ciudad finlandesa situada a orillas del Mar Báltico, donde las temperaturas fueron más bajas que en Upsala. Es probable que Bergman pidiera a alguien estos datos.

<sup>256</sup> Pirómetro (t.l.) = pirametre (f.t.) = pirómetro (c.a.).  
Termómetro para medir altas temperaturas.

<sup>257</sup> Hermann Boerhaave (1668–1738). Médico, botánico y químico holandés. Profesor de Botánica, Química y Clínica Médica en la Universidad de Leyden. Fue uno de los primeros científicos que se opuso a la teoría del flogisto y a la escuela iatroquímica.

del agua hirviendo después de haber permanecido [bastante] tiempo para tomar el mismo grado de calor, el termómetro marca el mismo grado en todos [los casos]. pero si sacándoles del agua hirviendo se les sumerge separadamente en Vasos donde hay la misma cantidad de agua y una temperatura igual, entonces se observa un grado diferente en estas aguas. Igualmente si se toman diferentes cuerpos de pesos iguales, haciendo las mismas experiencias se encuentra diferencia en el Calor Comunicado a las aguas.

Esto hace Ver que es preciso recurrir a otra causa que es el calor específico que cada Cuerpo atrae combinándose con él: de manera que cada Cuerpo teniendo siempre un calor específico más o menos grande en relación a otros cuerpos, los atraen siempre exponiéndolos a un cierto grado de calor, un calor proporcional a su calor específico [.] así supongamos cinco Cuerpos de los cuales A con 1 grado de calor específico, B con 2, C = 4. D = [74] 6, E = 10. que se sumerge a estos Cuerpos que tienen la misma temperatura del termómetro, y un peso igual en una agua que tiene 23 grados de calor; este calor del agua se Comunicará a estos cuerpos en razón de su calor específico, así A recibirá 1, B = 2 [.] C = 4, D = 6, E = 10. es preciso advertir que el Calor del agua que se reparte entre estos cuerpos, Es solamente el exceso de calor que tiene sobre la temperatura (,) ordinaria, o sobre estos mismos cuerpos [.] si estos cuerpos en el momento de su inmersión en un agua de 23 grados de calor, tuvieran 12 grados, Son los 11 grados de diferencia los que se reparten proporcionalmente al calor específico de cada Cuerpo. El agua en la cual se les sumerge retiene también la cantidad que le es propia con relación a la cantidad, y ocupa el lugar de un 7°. Cuerpo. Supongamos dos masas diferentes M. [y] m. de un mismo Cuerpo, que M. tenga una temperatura C., y m. otra c, la temperatura de la mezcla será:

$$\frac{MC+mc}{M+m}$$

[.] sea por ejemplo M = 6 lotes de agua, y m = 2 lotes [75] [.] C = 24 grados de calor y c = 50 grados, aplicando la fórmula precedente se encontrará que el grado de calor que debe resultar de la mezcla debe ser = 30 1/2 [.]

Se pueden considerar los cuerpos en 4 estados diferentes, a saber [.] el estado sólido, el estado líquido, el estado aeriforme, y el estado etéreo, se podría añadir un 5°, que es el vaporoso, pero no es constante. todos estos estados requieren un grado de calor específico diferente.

si se mezcla hielo o nieve a 0 grados, y una cantidad igual de agua de 72 grados de calor, entonces cuando el hielo se funde, todo quedará a 0 grados. Para explicar este fenómeno es preciso imaginarse que el agua o

cualquier otro Cuerpo que del estado sólido pase a líquido adquiere la cantidad de materia del Calor propia a este nuevo estado, ahora esta diferencia es de 72 grados entre el agua y el hielo [;] así el termómetro debe quedar a 0 [grados] (.)a menos que se emplee un agua más caliente o bien [76] una mayor cantidad, La fórmula que concuerda con la experiencia es

$$\frac{mc - 72n}{m + 1}$$

[.] sin embargo es preciso observar que mientras el hielo está a 0 [grados] (.) las diferencias no son tan marcadas y constantes que cuando tiene algunos grados de frío de más.

Los Cuerpos al evaporarse enfrían a los que les rodean, a Causa de que en este estado teniendo necesidad de un grado de calor específico. más grande atraen el que contienen los Cuerpos que los rodean.

parece Verosímil que el aumento de calor específico en un Cuerpo depende del aumento de su Volumen, y en consecuencia de su Superficie que lo pone en estado de atraer la materia del Calor por el contacto de un mayor número de partes. es preciso observar que en esta superficie se comprende [tanto] la de los poros como la exterior.

En el invierno de 1781 sucedió en el Laboratorio de Mr. Darcet<sup>258</sup> en París haciendo expe [99] rimentos con la Máquina de Papin<sup>259</sup> en donde se había puesto agua, y se había hecho calentar fuertemente al fuego que al retirarla uno de los tornillos se rompió y el agua salió a chorros y cayó sobre los asistentes. M<sup>r</sup>. Darcet a quien el agua le había salpicado en la cara dijo no haber sentido ninguna sensación de calor [,] sino al contrario le enfrió la Cara y le ocurrió lo mismo a los otros asistentes. este efecto es muy consecuente con la teoría que se expone aquí, y se explica muy fácilmente.

El agua en estado líquido presenta una mayor Superficie que en el hielo, aunque su peso específico sea mayor en el primer estado [.] Esto parece ser paradójico pero si se observan las moléculas de aire en el momento de la congelación, se reúnen varias juntas y se forman globulos más grandes que quedan atrapados en la masa, y que Conjuntamente con la Cristalización que es la Causa principal aumentan su Volumen, y resulta

<sup>258</sup> Jean D'Arcet o Darcet (1725–1801). Químico francés, profesor de los hermanos D'E'lhuyar en el College Royal de París durante el periodo 1772–1777. Especialista en estudios de la acción del calor sobre los minerales.

<sup>259</sup> Denis Papin (1647–1712). Médico y técnico francés, colaborador de Boyle. Inventó el «digestor de vapor» o máquina de Papin, especie de olla a presión para la cual ideó una válvula de seguridad, que representaría un importante avance tecnológico.

que los poros del hielo son más grandes que los del agua pero la [100] suma de sus Superficies será sin embargo menor que la de los poros del agua líquida que son más pequeños pero en mucho mayor número, y aunque la suma de las solideces de los poros del hielo pueda ser mayor que los del agua líquida, la suma de Superficies de estos mismos poros puede ser mayor en el agua líquida que en el hielo; porque las superficies son entre ellas Como las [de los] Cubos.

Las sales engendran frío en su disolución, porque ésta proporciona a sus partes una mayor superficie que las coloca en estado de atraer una mayor cantidad de calor. al contrario en su Cristalización se produce Calor Como lo observó Mr. Beamé<sup>260</sup>.

Kullen<sup>261</sup> en Edimburgo<sup>262</sup> ha sido el primero en observar que el mercurio descendió en el termómetro cerrado herméticamente y sometido al Vacío y este efecto no ocurre cuando el termómetro está abierto. El aire Contenido en el tubo dilata por su expansibilidad en el primer caso las paredes del tubo, y ofrece al mercurio un tubo más largo.

Cuando se pone el termómetro con el extremo abierto [101] en la Máquina neumática después de haber mojado la bola, se observa haciendo el Vacío chorros de Vapores que salen de la bola y el mercurio baja al mismo tiempo. Esto proviene de que en el aire enrarecido sus moléculas no se tocan tanto entre ellas y en consecuencia presentan una mayor Superficie que atrae una mayor cantidad de la materia del Calor. Se podría objetar porque el mercurio no desciende lo mismo cuando no se moja la bola. no se puede atribuir este efecto más que a la dificultad con la cual el vidrio transmite la materia del Calor. Esta absorción se hace lentamente y en todos los sentidos, el aire interior absorbe la materia del calor del aire exterior que rodea la campana, y así el frío ocasionado en la bola del Termómetro no puede estar todo lo más que relacionado con la superficie de la bola respecto a la de la Campana y en consecuencia casi ningún efecto (,) tiene lugar mientras que cuando la bola está mojada el agua deja escapar más fácil [102] mente su materia del Calor, atrae al mismo tiempo la del mercurio; y aunque el Vidrio haga aquí el mismo obstáculo, es preciso observar que en este último caso está rodeado por un fluido más denso que Atrae con más fuerza la materia del Calor del cual ha sido privado; o mejor

<sup>260</sup> Antoine Baumé (1728–1804). Farmacéutico y químico francés, profesor de Química en el College de Pharmacie. Partidario de la teoría del flogisto. Construyó el areómetro que lleva su nombre (grados Baumé), se distinguió por sus trabajos de química aplicada.

<sup>261</sup> William Cullen (1710–1780). Médico inglés, profesor de Medicina en Edimburgo. Tradujo al inglés la Memoria de los hermanos D'E'lhuyar donde dieron a conocer el aislamiento del wolframio.

<sup>262</sup> Edimburgo (t.l.) = Edinbourg (f.t.) = Edimburgo (c.a.).

todavía el contacto se hace por un mayor número de moléculas que cuando el Vidrio está rodeado de aire, el frío debe ser más considerable.

Esta dificultad que tiene el Vidrio para transmitir el Calor es sensible en otros casos. se sabe que la Cristalización de las sales se hace difícilmente en las Vasijas de Vidrio, y que es muy fácil en [las] de metal. si se tiene una sal que no quiere cristalizar en las primeras, no se tiene más que poner en medio de la disolución una varilla de madera o de metal y la sal cristaliza al instante.

La mezcla de nieve y de sal ocasiona su mayor frío, cuando la nieve Comienza a fundirse y se pone en estado de atacar o disolver la sal la cual pasando del estado sólido al estado líquido tiene necesidad de un mayor [103] grado de calor. Con el ácido nitroso y la nieve se produce un frío muy grande. esto proviene de que el Calor específico del ácido nitroso es al del agua como 7/10 es a 1 [.] Así la nieve que tiene una gran tendencia a reducirse en forma líquida atrae la materia del Calor del ácido nitroso y ocasiona el frío. Cuando se mezcla el ácido nitroso con el agua ocurre lo contrario, pues se produce calor; Esto viene de que la nueva mezcla tiene necesidad de un calor específico menor que el que tenía el agua.

La liquidez del ácido nitroso conservado al mayor grado de frío [.] hace que infiltrándose en todos los intersticios del hielo [.] los puntos de contacto son más numerosos, y en consecuencia el efecto en un tiempo dado [es] mucho mayor. se han servido de este medio para coagular el mercurio en Petersburgo<sup>263</sup>. se ha sumergido el termómetro varias veces en mezclas [104] nuevas de ácido y de nieve, de las cuales la primera estaba siempre enfriada al grado de frío de la última cubeta y así se ha logrado hacer un frío de 1400 grados del termómetro de Suecia<sup>264</sup>.

La materia del calor está compuesta de flogisto y de aire Vital; pero no se conoce la proporción de estos dos principios, si el flogisto [se calienta] se vuelve luz.

Los franceses pretenden que la luz es la materia del calor desprendida de los Cuerpos.

Los Ingleses pretenden que el calor y el flogisto son materias muy diferentes; que (el) uno desplaza al otro de los cuerpos con los cuales (,) pueden combinarse.

## Del Calor

Consideramos en primer lugar los medios de los que nos servimos para Aumentar el calor en los cuerpos.

<sup>263</sup> Petersburgo (t.l.) = Petres bourg (f.t.) = Leningrado (c.a.).

<sup>264</sup> J. A. Braun, «De admirando frigore artificiali quo mercurius est congelatus dissertatio», Petersburgo (1760). Este valor de  $-1400^{\circ}\text{C}$  debe ser erróneo.

El 1º. poner un cuerpo en la Vecindad de otro más caliente.

El 2º. es la fricción o la presión. Cuando se golpea un metal con el martillo, ocurre que los cuerpos son estrechados, y en Consecuencia el [105] calor específico no puede ser retenido en tan gran cantidad, y esta materia libre produce el calor. si el cuerpo que se golpea puede dejar salir al flogisto fácilmente, Como lo hace el hierro, entonces este flogisto al combinarse con el aire Vital de la atmósfera aumenta el calor. Cuando se golpea el eslabón contra una piedra dura, ocurre que la materia del calor se comprime en el aire, y que hay partes de este acero que son liberadas por el frotamiento de la piedra: estas partes se cargan de la materia del calor que se separan del aire y se inflaman por su cantidad. Cuando se frotran dos maderas entre sí ocurre el mismo efecto, no obstante en ciertas condiciones, pues la madera húmeda no es apropiada a Causa de la flexibilidad de sus fibras y porque no ofrece bastante resistencia además el agua siendo una materia que transporta fácilmente la materia de la materia por el abrasamiento, todas las maderas con estas (cantidades) [cualidades] no arden casi [,] es preciso que [106] tengan una rigidez o dureza conveniente, que estén secas y dotadas de una cierta cantidad de principio aceitoso que siendo volatilizado por el calor acumulado pueda descomponerse con el contacto del aire Vital de la atmósfera y producir calor y fuego si la cantidad es Suficiente.

El 3º. es el paso de un Cuerpo del estado líquido al estado sólido, como lo hemos explicado ya, o del estado fluido o Vaporoso al líquido como cuando el Vapor de agua se reduce a lluvia.

El 4º. es la combinación de los cuerpos cuyo producto tiene necesidad de una menor cantidad de calor específico que el que tenían los dos o uno de los cuerpos con anterioridad.

El 5º. considera los cuerpos que no teniendo necesidad después de su descomposición de mayor calor específico, su flogisto es eliminado por el aire Vital de la atmósfera, Como se ve en el hígado de azufre cuando después de haberlo secado y mezclado con la tierra Calcárea [,] para aumentar su superficie se le pone al aire libre, el termómetro que se sumerge entonces marca un calor bastante fuerte. se puede hacer esta [107] experiencia poniendo en un Vaso hígado de azufre en licor, cubriéndolo con una campana de Vidrio y suspendiendo un termómetro en la superficie del licor, se Ven entonces dos efectos, es decir se aprecia que se produce calor y que el aire es absorbido: Esto tiene lugar Sólamente en la Superficie, porque es allí donde el contacto de las dos materias se produce.

Cuando se mezclan limaduras de hierro con azufre y agua la mezcla se inflama. El agua tiene una tendencia a unirse al hierro, al mismo tiempo que el aire Vital al atraer el flogisto toma una parte del hierro. por otro Lado

el Azufre es descompuesto por la atracción del hierro sobre el ácido Vitriólico [que] no disuelve el hierro cuando está muy Concentrado, hemos hablado ya de la inflamabilidad del piróforo.

El 6°. [.] Los animales que están dotados de calor animal tienen siempre pulmones, los que son fríos los tienen de una estructura completamente diferente [.] Cuanto más frecuentes son [108] los pulmones, más fuerte es el calor en los Cuerpos, como cuando se hace movimiento. Es en los pulmones donde es preciso buscar el origen del Calor animal.

únicamente el aire Vital sirve para la respiración [.] Este aire es  $\frac{1}{3}$  del aire atmosférico, el resto es aire nocivo para la respiración.

Cuando se pone un animal en una campana llena de aire Vital vive bastante tiempo, pero al final hace algunos movimientos y muere. si se mete otro en el mismo aire Vive algún tiempo; pero muere ordinariamente bastante antes, y después de ésto este aire no es apropiado para la respiración. La cantidad de Aire no ha disminuido en estas operaciones, pero se encuentra cambiada en aire viciado mezclado con una cierta cantidad de ácido aéreo que se separa del animal.

El aire viciado proviene de la Descomposición del aire Vital [.] tiene 87 veces más Calor específico que el agua. El aire atmosférico ordinario sólo tiene 18 veces más. El del ácido aéreo es menor que la unidad. Es una lástima que no se haya de [109] terminado todavía el calor específico del aire viciado; pero puesto que es los  $\frac{2}{3}$  del aire atmosférico y que Este sólo tiene 18 veces más que el agua, es preciso que [el calor específico del aire viciado] sea menor que la unidad.

La sangre Venosa tiene un Calor específico que es al de la sangre arterial Como 89 [es] a 100.

La sangre Venosa atrae la mayor parte del Calor específico que contiene el aire vital cuando está distribuida en las vesículas de los pulmones, y el aire Vital se convierte en aire viciado, que Como hemos dicho, debe tener mucho menor Calor específico. El Calor sería quizás demasiado grande si no ocurriese que una parte de la humedad de los pulmones se transforma en vapores que mitigan su fuerza.

La respiración debe ser proporcional a la pérdida que el cuerpo tenga en cada momento [.] lo que ocurre en el Cambio de la sangre ar [110] -terial en Venosa; ya que ésta teniendo un  $\frac{11}{100}$  del calor específico dé menos que la primera, esta parte que se separa se comunica a las partes Sólidas del Cuerpo, y es absorbida enseguida por las materi[a]s más frías que nos rodean. en la Separación de esta parte del Calor, es preciso que ocurra un cambio en la sangre, y en efecto se observa que es mucho más negra y espesa en las Venas que en las arterias [.] todo el mundo sabe que la sangre Coagulada enrojece en la superficie que toca el aire incluso cuando se la

cierra en una vasija; lo que proviene de que atrae el Calor específico del aire Vital y adquiere por ello el mismo estado que tenía en las arterias.

### **De los efectos producidos por el Calor en los Cuerpos**

se pueden (distinguir) [dividir] los cuerpos en orgánicos [y no orgánicos].

todos los cuerpos al calentarse se dilatan [,] es decir aumentan en Volumen .[111]

Los cuerpos no orgánicos están o en el estado sólido o en el estado penetrado por la materia del calor, sus moléculas se separan más o menos según su naturaleza, y pasa[n] al estado líquido y se dice entonces que se funde[n]; o bien al estado fluido, y entonces se dice que se evapora[n]: o bien el Cuerpo no puede ser reducido a ninguno de estos dos estados y se dice entonces que es infusible y fijo [,] hay alguna materia que puede sufrir una de estas dos alteraciones separándose de ellos al fuego.

En la Calcinación de los metales hay dos Causas que Concurren, a saber [,] la expansión de la materia y la atracción del aire Vital con el flogisto del metal.

Los cuerpos tiene necesidad de un calor específico más o menos Considerable para pasar del estado sólido a los otros dos: el Plomo tiene una necesidad menor que el Cobre etc [,] La fijeza sólo está relacionada con el grado de fuego que se utilice.

El Cinc cuando se le funde, si se (le) aumenta el calor se Volatiliza y se inflama [,] [112] La inflamación proviene de que al volatilizarse [,] sus partes presentan una gran superficie al aire que atrae con fuerza el flogisto el cual abandona<sup>265</sup> el metal y forma con él la materia de la luz.

El arsénico produce el mismo efecto, pero es preciso calentarlo súbitamente echándolo sobre una placa de hierro bastante caliente Como ya ha sido dicho.

Los aceites grasos calentados a un cierto grado dan una luz fosfórica [,] El aceite de lino se inflama como lo hemos hecho Ver. todos los aceites tienen sin duda la misma propiedad, pero exigirán grados de calor diferentes.

El calor cambia también los colores de los cuerpos.

El cobalto disuelto en el ácido marino habiendo alcanzado los 80 grados Cambia de rojo a Verde pero recobra su primer Color al enfriarse. En otros Cuerpos el color primitivo no se recobra, como en los precipitados junto con el ácido nitroso, que calci [113] nado se vuelve y permanece después Verde.

<sup>265</sup> En la frase «le phlogistique dont le metal aband et», aband puede tomarse por abunda o por abandona. En el texto se ha tomado en este último sentido.

El Color negro no es siempre la marca del flogisto pues la manganesa más desflogistizada es negra [...] algunas Otras Cales se vuelven También blancas al fuego siendo anteriormente rojas.

Los cuerpos Orgánicos como la madera comienzan por evaporar sus partes Volátiles y se dilatan.

[Cuando] La atracción del flogisto se debilita es atraído por el aire Vital de la atmósfera que forma con él la materia del calor y ésta al aumentar divide más el flogisto que Combinándose en mayor cantidad con el aire Vital de la atmósfera produce la luz, [y ] el aumento del calor: Pues si la cantidad de flogisto que se combina es mayor en un tiempo dado el efecto debe ser también pro[ducido ?].

Las partes fijas que quedan han perdido su solidez; pero retienen una parte del ácido aéreo el cual combinándose en parte con el flogisto lo une a las partes fijas, y [114] en este estado se le llama Carbón [...] si el acceso de aire es suficiente el cuerpo se reduce a cenizas.

Otro efecto del fuego es Coagular Ciertas materias que antes eran líquidas como la clara de huevo, la sangre, etc. sin ninguna evaporación. Sabemos que los ácidos producen el mismo efecto y parece que el fuego actúa también como ácido; Pues Como mostraremos a continuación el aire Vital está Compuesto de un ácido.

Los Cangrejos se vuelven rojos al Calor [...] una parte del flogisto es tal vez eliminada por el Calor, y de ahí el cambio de Color; Pues el fuego no es más que un efecto del Calor.

Dondequiera que se engendra una mayor cantidad de calor, es preciso que el aire Vital esté presente. El flogisto debe encontrarse allí también.

Dondequiera que el flogisto y el aire Vital se encuentran, se produce calor.

no se puede mostrar ninguna experiencia contra estas tres Tesis; de donde se puede concluir [77] que el Calor está compuesto de aire Vital y flogisto.

La experiencia de Mr. Lavoisier<sup>266</sup> que pretende que el ácido Vitriólico se carga en la combustión [del] azufre de aire desflogistizado se explica fácilmente por nuestra teoría[.] El aire Vital se carga en la combustión del azufre con el flogisto de éste y entra en la composición del ácido Vitriólico como materia del calor que Aumenta el peso del ácido.

<sup>266</sup> Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794). Célebre químico francés. Está considerado como el padre de la Química moderna. Atacó con dureza la teoría del flogisto. En 1789 publicó la obra «*Traité Elementaire de Chimie*» que está considerada como el primer texto de Química moderna.

Se encuentra en efecto que el Calor específico<sup>o</sup>. del Azufre es al del ácido Vitriólico como 183, a 758. El calor siendo una materia y suponiendo como lo pretende Lavoisier que el aire Vital es absorbido, sería preciso que el aumento de peso responda a la suma del peso de las dos materias absorbidas, lo que no ocurre [.] a menos que (no) se Quiera suponer que el calor no tiene peso, lo que es difícil de concebir.

La luz<sup>267</sup> es la materia del Calor [78] Combinada con una mayor cantidad de flogisto. El ácido nitroso desflogistizado que está sin Color y sin vapores rojos en un frasco bien tapado al sol se Colorea y se vuelve fumante en poco tiempo, mientras que es preciso varias semanas para producir el mismo efecto en un fuego mucho más fuerte, y nunca a un grado igual de calor.

Los rayos del sol concentrados por el Cristal ardiente<sup>268</sup> reducen las cales de los metales nobles; Los metales innobles no se reducen más que en pequeña cantidad en las Vasijas cerradas.

La luna Córnea<sup>269</sup> se vuelve negra expuesta a la luz [.] si se expone una cierta cantidad de luna Córnea en un bocal con agua a los rayos de sol, se la ve ennegrecer y removiendo de vez en cuando el bocal todo el polvo se vuelve completamente negro, y se encuentra que el agua es ácida y Contiene ácido marino. se puede concluir de esta experiencia que la plata ha recibido de la luz el flogisto y que se ha reducido casi al estado metálico. Se sabe que la plata [79] en este estado no puede ser atacada por el ácido marino, así el ácido marino una vez separado y queda disuelto en el agua sin acción; si se pudiese hacer la experiencia sin el concurso de la luz del sol, se vería un aumento del calor durante la operación.

La luz no calienta más que cuando una parte del flogisto ha sido separada. Cuando se sube a una montaña muy alta incluso en el Ecuador, el sol no calienta (,) un lugar [tanto] como lo hace en el llano. esto depende de que en las Regiones elevadas el aire siendo muy sutil no puede tener suspendidas materias extrañas Como el que está más cerca de la tierra, que está cargado de Cuerpos que atraen hacia sí una porción del flogisto de la luz, reduciéndola al estado de materia del Calor. otra experiencia todavía es que el foco del espejo ardiente no calienta más que cuando se le presenta un Cuerpo que pueda descomponer la luz, Pues un termómetro colocado

<sup>267</sup> La luz y el calor estaban considerados en aquella época como dos sustancias simples, es decir, lo que ahora se considera un elemento químico. En la Tabla de sustancias simples conocidas aparecida en el «Traité Elementaire de Chimie» de Lavoisier aparecen citados la luz y el calórico.

<sup>268</sup> Cristal ardiente (t.l.) = verre ardent (f.t.) = lupa (c.a.).

<sup>269</sup> Luna córnea (t.l.) = lune cornée (f.t.) = cloruro de plata (I) (c.a.). AgCl.

cerca [80] del foco no varía más que un poco, incluso esta diferencia puede Provenir de los cuerpos que se encuentran en los alrededores y quizás sería menor el efecto en el Vacío.

Los diferentes Colores reflejan o absorben el calor o la luz; y éste no depende más o menos del pulido de los cuerpos, sino de la atracción de la materias Colorantes por el flogist[o] de la luz.

Si sobre un muro blanco se hace una mancha negra se observa que esta parte se calienta al sol mucho más que el resto, Este cuerpo negro continúa produciendo el mismo efecto porque los Cuerpos que lo tocan atraen más fuertemente el flogisto que él ha separado.

La plata tiene dificultad para fundirse en el foco del espejo ardiente, cuando está pulido (,) es preciso también ennegrecer la platina para hacerla fundir.

es preciso distinguir la materia del calor de la luz, puesto que un cuerpo puede estar caliente y sin luz. Cuando se mete una bola de hierro al fuego; Comienza por Calentarse, hast[81]a que se haya cargado de una cierta cantidad de materia del Calor.

Entre los Cuerpos transparentes los que tienen la fuerza de lograr una mayor refracción son también los que se calientan más.

Los Colores de los Cuerpos dependen de la cantidad y quizás también de la calidad del flogisto que contienen [.]. puede ocurrir también q<sup>e</sup>. los cuerpos con los que se combina Contribuyan también a la modificación de los colores.

En las plantas hay una infinidad de ejemplos de efectos de la luz. Las plantas estrelladas expuestas a la luz se vuelven Coloreadas en un momento, lo que no hacen exponiéndolas en Cuerpos opacos a un calor mediocre.

El agua hervida se hiela antes o más fácilmente que la que no ha hervido. La primera habiendo perdido el aire, lo absorbe de nuevo enfriándose. Es el movimiento que el aire ocasiona al entrar, el que hace presentar nuevas y más Superficies a las moléculas del agua, las pone en estado de despojarse antes [82] de su calor, que es la Causa del rápido enfriamiento. La ausencia del ácido aéreo quizás contribuya también.

Las experiencias hechas sobre la conversión del agua en tierra no son concluyentes.

### Del Aire

El aire es una materia fluida, muy sutil y elástica, no penetra sin embargo el vidrio. se distingue de los Vapores en que está constantemente en el mismo estado, mientras que los Vapores no lo Conservan más que cierto tiempo.

Es impropio que se llame Gas a los aires recientemente descubiertos, ya que el aire atmosférico contiene una mezcla de varios de estos gases, y que Como lo veremos [más adelante] parece que todos tienen su origen en el aire Vital.

Se ha dado al aire vital varios nombres [,] Mr. Priestley<sup>270</sup> que [fue] el primero [que] lo ha hecho conocer lo llama aire desflogistizado; pero impropriamente puesto que está flogistizado en [muy] alto grado. El nombre de aire puro es general para todas clases de aire de su especie [,] Mr. Scheele<sup>271</sup> lo llama aire del fuego<sup>272</sup> porque él [83] mantiene la Combustión. Por último Mr. Bergmann lo llama aire Vital porque sirve para mantener la vida de los animales.

Se puede obtener el aire Vital 1°. reduciendo en un aparato apropiado las sales de los metales nobles. 2°. Combinando o mezclando el ácido nitroso con toda clase de materias; cuando todos los vapores ácidos han pasado en la destilación, si el fuego continúa aún, pasa el aire Vital. 3°. Disolviendo un metal en el ácido nitroso pasará en primer lugar el aire nitroso y activando el fuego [pasará] el aire Vital: se obtiene más de los metales nobles que de los innobles. 4°. Exponiendo el nitrógeno sólo a un calor bastante fuerte.

La Conclusión que se puede sacar de estas experiencias es que el aire Vital entra Como parte Constituyente en el ácido nitroso o que el ácido nitroso se convierte en aire Vital. Por la primera suposición pueden explicarse fácilmente algunos de los fenómenos mencionados, como cuando se retira del ácido nitroso el aire Vital por medio de la cal, la arena, etc. [,] Ya se [84] ha dicho (entonces) que el ácido se descompone; pero no se puede encontrar explicación Como las sales de los metales nobles pueden reducirse tratándolas con (.) el ácido nitroso; algunos han supuesto que el ácido nitroso está Compuesto de aire Vital y de flogisto, pero no se sabría mostrar un ejemplo o un Cuerpo (.) Resultante de la combustión de los otros dos que esté absolutamente privado de todas las cualidades que estos dos Cuerpos tenían anteriormente.

<sup>270</sup> Joseph Priestley (1733-1804). Químico inglés. Descubrió el oxígeno que sería la pieza clave de la nueva teoría química introducida por Lavoisier. Sin embargo, fue partidario de la teoría del flogisto hasta su muerte.

<sup>271</sup> Carl Wilhelm Scheele (1742-1786). Químico y farmacéutico sueco. Colaborador de Bergmann. Está considerado como uno de los científicos de su época que mayor número de sustancias químicas descubrió. Preparó oxígeno en 1771, tres años antes que Priestley, sin embargo, el retraso del editor en publicar el manuscrito donde describía sus experimentos hizo que el descubrimiento del oxígeno se atribuya a Priestley que fue el primero en publicarlo. Lo mismo ocurrió con su descubrimiento del nitrógeno, que se atribuyó a Rutherford. Fue visitado en junio de 1782 en Köping por Juan José D'Elhuyar.

<sup>272</sup> Aire del fuego (t.l.) = air du feu (f.t.) = oxígeno (c.a.). O<sub>2</sub>.

Siguiendo la segunda suposición, el ácido nitroso al cargarse de flogisto pierde cada vez más sus propiedades salinas y se convierte en aire nitroso que enrojece todavía la tintura de tornasol y conserva un poco de agua. si se le puede privar de esta porción de agua que Fontana ha demostrado en este aire, se pone por ello, en estado de cargarse del flogisto necesario para su saturación, para convertirse en aire Vital adquiriendo más Volumen; Pues el flogisto produce siempre este efecto aumentando de Volumen en estado de atraer una mayor cantidad de calor específico, el cual [85] le da un peso específico de 0.00003 mayor que el del aire nitroso, aunque su Volumen Haya Aumentado.

Este aire Vital disminuye algunas veces según Priestley hasta (que) la reducción a 1/100 de su primer Volumen cuando es tratado con el flogisto Como en la Combustión y en la respiración [...] según él este aire al cargarse de flogisto se convierte en aire viciado pero si se Considera que este aire viciado que queda tiene un peso específico menor que el aire Vital [¿] Cómo creer q<sup>e</sup>. 100 partes de éste hayan podido cambiar de naturaleza para perder más del 99/100 de su peso real[?].

Otros Autores Ingleses han pretendido después de conocer el calor específico que el aire Vital Combinándose con el flogisto se transforma en ácido Aéreo; pero el peso [específico] de este Acido es de 0.00181, el del aire Vital 0.00132, y en consecuencia su diferencia es de 0.00049, y no se encuentra después de la operación más que el 99/100 del peso del aire Vital, y alguna vez incluso menos; así [86] el peso específico no recompensa la pérdida [citada] arriba. Además el aire que queda no es más que en parte ácido aéreo, el resto es aire viciado [...] cuando se hace la operación con una parte pequeña de agua, la disminución es mayor que cuando se hace con mercurio.

M<sup>r</sup>. Lavoisier pretende que tiene lugar una absorción; pero esta absorción no tiene lugar en estado de aire, sino en estado de calor Como hemos hecho Ver en el ejemplo del azufre que arde.

El aire vital no puede ser viciado más que por la respiración [...] en esta operación M<sup>r</sup>. Priestley no explica este fenómeno con experimentos.

El aire vital no sirve en absoluto para Separar el flogisto superabundante en la economía animal, sino al Contrario para introducir y reparar las pérdidas que el Cuerpo realiza en cada instante de la Vida.

El cuerpo humano tiene una grandísima cantidad de flogisto; pero no lo recibe por la alimentación; al contrario toda fer [87] mentación y toda operación de cocina no hace más que privar a los alimentos del flogisto [...] hay muchos Vegetales que pasan por el Cuerpo humano sin alterarse.

Cuando se pone sangre debajo de una Campana llena de aire Vital, Este se vicia; ésto no es porque [el aire vital] se flogitiza, sino porque [la sangre] lo priva de su flogisto.

Cuando se pone la sangre en aire nitroso [,] éste es de tal modo cambiado de naturaleza que no da ningún indicio de reacción con el aire vital así la sangre atrae también el flogisto del aire nitroso.

El aire inflamable pierde también su flogisto. Por todas estas experiencias se ve q<sup>e</sup>. el aire Vital se descarga de su flogisto durante la respiración, y que por el contrario cuando lo recibe, se transforma en materia del calor.

Poniendo limaduras de hierro en un frasco con el aire nitroso, se encuentra algún tiempo después, que una parte de las limaduras están Calcinadas, y que el aire [88] que no ha disminuido sensiblemente puede servir para mantener una luz aunque los animales en él se axfisian.

Mr. Bergmann explica la producción de aire Vital, cuando se trata el ácido nitroso con todas las materias, como se ha dicho más arriba, diciendo que el ácido nitroso es fijado o retenido por estas materias que por este medio se priva del agua que impedía la ulterior Combinación con el flogisto, y lo pone en estado de tomar este flogisto, de las materias con las que se le trata, o de descomponer la materia del Calor, y que en este último caso hay dos fuentes de aire vital, (la) una se produce del aire nitroso con el flogisto de la materia del Calor, y la otra del aire Vital que resulta de la descomposición de esta última.

Por todo lo que hemos dicho hasta el presente Vemos una Cadena graduada de la composición del ácido nitroso con el flogisto. 1<sup>o</sup>. el ácido nitroso Combinado tiene una cierta porción de flogisto, puede ser pro-[89]ducido un aire parecido al que queda cuando se pone la sangre en el aire nitroso. 2<sup>o</sup>. cuando el flogisto está en mayor cantidad, produce aire nitroso. 3<sup>o</sup>. cuando el flogisto es todavía más abundante, se forma aire viciado. Este aire es producido durante la respiración, Como hemos dicho y el aire Vital no puede ser desflogistizado más que hasta un cierto punto por la respiración; Nosotros estaríamos quizás muy incómodos, si la desflogistización se hiciese hasta producir aire nitroso. La naturaleza puede tener medios que nos son desconocidos para desflogistizar en mayor cantidad el aire viciado, y la formación del nitro es un misterio que quizás se basa en esta Operación. 4<sup>o</sup>. el aire que queda cuando se han puesto limaduras de hierro con el aire nitroso parece aproximarse por sus cualidades a la naturaleza del aire Vital [,] 5<sup>o</sup>. Por último el aire Vital parece ser el máximo de la flogistización del ácido nitroso.

El volumen de aire nitroso puesto con las limaduras de hierro parece estar disminuido en [90] 1/3 y algunas veces más. Puede ser que una parte habiendo sido saturada suficientemente de flogisto haya formado el aire Vital que ha entrado en la cal de hierro<sup>273</sup>. no siempre ocurre que el flogisto

<sup>273</sup> Cal de hierro (t.l.) = chaux defer (f.t.) = óxido de hierro (c.a.). Bajo este nombre se conocen los óxidos de hierro (II) y hierro (III).

disminuye en un Cuerpo en proporción a [lo] que su calor específico aumenta, y viceversa; Pues el carbón puede ser puesto al rojo muy fuertemente en una Vasija cerrada sin perder su flogisto; lo mismo ocurre con los metales tratados en las vasijas cerradas [.] no es tampoco Cierto que el flogisto está siempre en los Cuerpos en razón inversa al calor específico; Pues el hierro tiene mucho más flogisto y calor específico que el estaño, el plomo, etc[.]

El espíritu del Vino Contiene también mucho flogisto, y sin embargo su calor específico es mayor que el del agua. El espíritu de Vino (el) más refinado contiene  $\frac{5}{8}$  de agua, en consecuencia los  $\frac{3}{8}$  restantes deben tener un calor específico mucho mayor que el agua [.] El ácido aéreo que se encuentra en una campana bajo la cual se ha hecho arder una vela [91] y que parece no haber disminuido el Volumen del aire que allí había antes, no es debido al sebo que Contiene este ácido de vino [en] su combinación [... ?].

La combinación del aire nitroso con el aire Vital para formar el ácido nitroso no puede hacerse sin la concurrencia del agua; así parece que está combinación no puede hacerse más que por una doble afinidad [.] a saber [.] la del agua por el ácido, y la del flogisto con el aire Vital. se engendra en esta operación calor del cual una parte entra quizás en el ácido; pero no se ha determinado todavía el calor específico del aire nitroso ni el del ácido nitroso.

Mr. Fontana combinando el aire nitroso con el aire vital bajo una Campana llena de mercurio, ha observado que se producía una disminución, y que lo que quedaba no era soluble en agua, aunque empleó las mismas proporciones de estos aires que en un aparato de agua daban ácido nitroso Sin [92] dejar ningún residuo aeriforme[.] se produce Calor en Esta operación, y Mr. Bergmann cree que el aire insoluble que queda se aproxima al que se forma cuando se pone la sangre en el aire nitroso. no se engendra ácido nitroso.

El aire atmosférico es según los Ingleses aire puro que ha sido viciado por la respiración. Según Mr. Bergmann[,] está compuesto de aire viciado, aire Vital y ácido aéreo. Mezclando juntos estos tres aires en las proporciones en las que se les encuentra en [la] atmósfera, se produce un aire atmosférico. si se pone en él  $\frac{1}{4}$  de aire Vital, y se Calcina un metal en él, es absorbido casi enteramente; pero todos los metales no producen tan gran efecto. si se utiliza piróforo casi todo Este aire es también absorbido pero esta  $\frac{1}{4}$  parte se distribuye en toda la masa, las últimas porciones están muy envueltas, y es preciso una atracción muy fuerte para separarlas del aire malo<sup>274</sup>, y de eso depende que todos los Cuerpos no absorban

<sup>274</sup> Aire malo (t.l.) = air mauvais (f.t.) = nitrógeno. N<sub>2</sub>.

enteramente esta 1/4 parte, El aire atmosférico no se vicia teniéndolo en vasijas cerradas. se ha puesto en él el latón bajo [93] una campana llena de este aire, sin observar ningún cambio después de haberlo tenido durante algún tiempo: lo mismo ocurre con los vapores de agua pero con otras materias Como el Carbón al rojo; ha disminuido y ocurre lo mismo por la calcinación, por el hígado de azufre, y por la pintura de aceite. En este último caso el aceite ha sido descompuesto, y su flogisto forma con la porción de aire Vital, la materia del Calor. El cemento de trementina<sup>275</sup> y de resina produce también el mismo efecto.

La chispa eléctrica disminuye también el aire atmosférico en 1/4, y si el licor se tiñe de azul por el tornasol, se vuelve rojo. Esto proviene de [que] el ácido aéreo que queda en una mayor proporción, y libre de la unión que quizás tenía con el aire Vital se une más fácilmente al agua.

En todos los casos donde se cree que el aire se flogistiza, el ácido aéreo se muestra más fácilmente que antes.

Las limaduras de hierro que han permanecido en el aire [94] nitroso, disminuyen también el aire atmosférico. Esto parece provenir de que todo el flogisto del hierro no ha podido ser separado por el aire nitroso, y lo que le queda está bastante débilmente unido para que el aire Vital pueda eliminarlo. La mezcla de hierro, de azufre y de agua produce el mismo efecto.

El éter nitroso disminuye también el aire atmosférico [.] El éter que Contiene mucho flogisto lo deja escapar fácilmente a lo que también contribuye su gran volatilidad.

El agua recientemente destilada produce también la disminución de este aire [atmosférico] absorbiendo la porción de su aire Vital; el aire viciado no es absorbido.

Las aguas ferruginosas<sup>276</sup> no contienen aire Vital porque el hierro que está disuelto en ellas por el ácido aéreo, deja escapar una parte de su flogisto que con el aire Vital forma el Calor.

Mr. Achard<sup>277</sup> ha hecho una experiencia para probar la presencia del flogisto en el aire viciado [.] [lo] ha hecho pasar sobre nitro fundido, y ha encontrado que el aire que salía era un poco mejor; pero nosotros hemos visto ya que el nitro fundido él sólo da aire vital, así que no habiendo hecho

<sup>275</sup> Trementina (t.l.) = terebentine (f.t.) = esencia de trementina o aguarrás (c.a.).

<sup>276</sup> Aguas ferruginosas (t.l.) = eaux ferrugineuses (f.t.) = disoluciones acuosas de hierro(II) (c.a.).

<sup>277</sup> Franz Karl Achard (1753–1821). Físico y químico alemán. Director del Gabinete de Física de la Academia de Ciencias de Berlín. Su principal contribución a la química fue vulgarizar el procedimiento de extracción del azúcar a partir de la remolacha que había sido descubierto por el químico alemán Marggraf en 1749.

el Cálculo del producto de esta [95] experiencia, no se puede todavía concluir que el efecto sea tal como él lo dice.

Se ha encontrado el medio de mejorar el aire viciado removiendo una botella que está llena, y cuyo cuello se sumerge en el agua; pero lo que hay de singular es que el aire bueno<sup>278</sup> se vicia por esta misma operación; es muy probable que ésto dependa de alguna causa física en la operación.

Las experiencias de Ingenhousen<sup>279</sup> cuyos fenómenos pueden ser explicados por nuestra teoría prueban cada vez más su solidez; Cuando se expone al sol una campana llena de agua e invertida en otra Vasija llena también de agua se observan pequeñas bolas de aire que se separan del agua y Van a ganar la parte alta de la Campana, este aire es casi enteramente aire Vital.

se sabe que todas las Cales, incluso las más límpidas, contienen pequeñas plantas transparentes e imperceptibles: Estas plantas como todas las otras tienen la propiedad de descomponer la luz e incluso la materia del calor apoderándose del flogisto puro que estas sustancias Contienen, y para entonces la otra parte Constituyente que [96] es el aire vital, estando libre asciende en Virtud de su peso específico a lo alto de la Campana. si este aparato se expone al sol no se produce aire.

No se conocen los medios para cambiar el aire viciado en aire bueno. Mr. Priestley creía según las experiencias que había hecho sobre los Vegetales, que eran éstos los que producían este cambio; pero otras personas habiendo repetido después que él estos experimentos, no han obtenido el mismo resultado [.]. Quizás se deba atribuir Esta Contrariedad al tiempo y a las circunstancias que han acompañado estas observaciones; en efecto si los rayos del sol o la luz pueden contribuir a la producción de aire vital, bien por medio de una planta o del agua, y que el mismo efecto no ocurre en la sombra o en la obscuridad, se desprende que estas circunstancias deben contribuir mucho en el examen que está siendo considerado.

Los [ve]getales dan ellos mismos aire Vital mezclado con el aire viciado y el ácido aéreo desde las 10 (horas) de la mañana hasta las 3 (horas) de la tarde y sin embargo por la noche dan un Aire viciado [97] en el cual las luces no pueden arder [.]. esta alternancia Continua tanto como se quiera.

Las plantas Venenosas y malolientes no son menos adecuadas para este efecto [.]. (Es) antes de que la planta haya florecido y dé frutos [es] cuando da el mejor aire.

<sup>278</sup> Aire bueno (t.l.) = air bon (f.t.) = oxígeno. O<sub>2</sub>.

<sup>279</sup> Johann Ingenhousz (1730-1799). Biólogo, médico y químico holandés. Destacó por sus trabajos de Fisiología vegetal. Descubrió que sólo en presencia de la luz las plantas fijaban el carbono a partir del dióxido de carbono.

Todas las flores dan un aire viciado bien porque absorben el aire bueno, bien porque aumentan la proporción del aire viciado en la masa total.

Los frutos vician También el aire, sea [durante] el día sea [durante] la noche. Las raíces vician también este aire.

Todos estos experimentos hacen Ver que los Vegetales benefician o estropean el aire según el tiempo o la naturaleza de sus partes; pero se ha observado que en general benefician más [al aire] que lo perjudican.

Cien hojas de Nasturtium<sup>280</sup> dan 6 pulgadas cúbicas de un aire más puro que El de la atmósfera.

Durante el Verano la atmósfera es más pura que en la Primavera y el otoño, a Causa de que en estas dos estaciones habiendo más humedad, [98] da lugar a la putrefacción que vicia siempre el aire. En el invierno el aire es todavía más puro a causa de que la tierra estando helada la putrefacción no tiene lugar. El aire del mar es más puro que el del continente.

El agua que se pone con la planta Contribuye también a la producción de un aire más o menos puro [.] El agua destilada da un aire peor que el agua estancada, ésta uno peor que el agua de río, y el agua de pozo da el mejor.

La insalubridad de un terreno Proviene de que las humedades están estancadas; si se elimina esta causa el terreno se vuelve sano, Como ha ocurrido en las Colonias Inglesas al talar bosques que contenían una gran cantidad de humedad que no podía ser eliminada.

no se ha ensayado si los Cuerpos de los Animales son adecuados para descomponer la luz. Cuando los hombres permanecen en una habitación, el aire se vicia, y es la respiración quien produce este efecto al menos para la mayor parte [,] pero parece que la transpiración da también un aire que apaga las luces, como se observa Cuando nos bañamos. Esta experiencia [115]<sup>281</sup> no ha sido hecha con la vista de descomponer la luz, Mr. Milly<sup>282</sup> pretende que este aire contiene el ácido aéreo, Puesto que precipita el agua de cal.

<sup>280</sup> *Nasturtium officinalis*, berro. Planta de tallos débiles, hojas ligeramente carnosas, semiacuática, de 10–60 cm., perenne, flores pequeñas blancas o púrpuras pálidas de 4–6 mm. de diámetro. Los tallos están sumergidos en parte. Se halla en las riberas de los ríos, acequias, lagos y lugares húmedos. Se cultiva como planta para ensalada en toda Europa salvo en Islandia y Finlandia. Es un buen antiescorbútico.

<sup>281</sup> Aquí se ha producido un nuevo salto en la numeración en las páginas manuscritas. Observe que la página anterior era la [98]. No se sabe si es un error o faltan las páginas intermedias.

<sup>282</sup> Nicolas Christiern de Thy, conde de Milly. Publicó en las Memorias de l'Académie de París en 1777 un artículo titulado «Sur le gas animal».

El *Epilobium hirsutum*<sup>283</sup> absorbe una grandísima cantidad de aire. En un momento absorbe más de la mitad y no deja [más] que 1/7 del total, sin embargo este resto es todavía de la misma naturaleza que el todo que se ha puesto en la campana [.] el aire inflamable y el aire nitroso son también absorbidos.

Se puede preparar también un Aire Vital en el cual los animales viven más de 8 veces más tiempo que en el aire atmosférico y sin embargo este aire no precipita el aire nitroso [.] Vean una pieza Coronada en Roterdant<sup>284</sup>.

---

<sup>283</sup> *Epilobium hirsutum*, hierba de San Antonio, laurel de San Antonio o adelfilla pelosa. Planta con flores lilas de 80-150 cm., flores vistosas de color rosa-púrpura oscuro de 1-2.5 cm. de diámetro. Hojas grandes de 6-12 cm. oblongolanceoladas. Frutos de 5-8 cm. Se encuentra en toda Europa salvo en Islandia, al borde de ríos, lagos y acequias.

<sup>284</sup> Con la frase « Voyez une piece couronnee a Roterdant » Bergmannn se refiere al magnífico trabajo titulado « On dephlogisticated light » de Johannen Ingenhousz publicado en *Verhandel van het Genootsch. te Rotterdam*, Vol. 6 (1781).

<sup>284</sup> Roterdant (t.l.) = Roterdant (f.t.) = Rotterdam (c.a.).



# JUAN JOSÉ D'ELHUYAR: ESPIA Y SABIO

Pascual Román Polo

*Conferencia pronunciada en la Junta General Anual de la Comisión de Bizkaia de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en Bilbao el día 17 de marzo de 1998. Corregida y revisada.*

Amigas y Amigos de la Bascongada, amigos invitados, señoras y señores:

En primer lugar, quisiera agradecer a los Amigos de la Junta Rectora su amable invitación y confianza por darme la oportunidad de estar hoy aquí con todos ustedes.

Sin más preámbulos, permítanme centrarme en el tema que nos ocupa: «Juan José D'Elhuyar: Espía y sabio». Antes de pasar a desarrollar esta conferencia, les confesaré que voy a tratar de ser imparcial con el personaje que les propongo para su mejor conocimiento, aunque a veces me traicionaré a mi mismo, porque es uno de esos tipos humanos que aparecen de vez en cuando y al que, sin pretenderlo, nos quedamos prendidos por su calidez humana y sus grandes conocimientos científicos. En el año 1982, comencé a ocuparme del estudio de los hermanos D'Elhuyar y su relación con el aislamiento del wolframio, que es el mismo elemento químico que el tungsteno, aunque ésta sea una voz incorrecta en castellano, como trataré de demostrarles al final de mi exposición. El núcleo de esta charla lo forma la conferencia que impartí en el Colegio Mayor Pedro Biteri y Arana de Arrasate-Mondragón con ocasión del acto de Apertura del Curso Académico 1996-1997 e Investidura de nuevos Colegiales Mayores en el mes de noviembre de 1996, con ocasión de celebrarse el segundo centenario de la muerte de Juan José D'Elhuyar.

El gran químico analítico y farmacéutico alemán Martin Heinrich Klaproth (1743-1817) que descubrió el uranio (1789) y el circonio (1789) y fue el primer profesor de Química de la Universidad de Berlín; en 1786, tres

años más tarde del aislamiento del wolframio en Bergara por los hermanos D'Elhuyar, reconocía que «hasta el presente sólo Hr. Elhuyar ha tenido éxito en conseguir el metal [wolframio]».

Pero, ¿Quién fue Hr. Elhuyar? ¿A cuál de los dos hermanos D'Elhuyar se refería? ¿Que relación tuvo con La Rioja y el País Vasco? ¿Qué hizo para que hoy estemos hablando de él?

A Juan José D'Elhuyar Lubice se le reconocen los títulos de geólogo, ingeniero de minas, investigador, metalúrgico, mineralogista y químico en los que brilló con luz propia. Menos conocidos son los títulos de espía —en el sentido más estricto de la palabra— y sabio.

El día 20 de septiembre de 1796 fallecía en Santa Fe de Bogotá en el reino de Nueva Granada (hoy Colombia) a la temprana edad de 42 años uno de los hombres de ciencia más importantes de los reinos de Carlos III (1716–1788) y me atrevería a afirmar de toda la historia de nuestro país. Juan José D'Elhuyar estuvo vinculado al País Vasco por su origen familiar; por ser miembro de una de las instituciones científicas más relevantes del siglo XVIII: la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y por sus logros científicos alcanzados en Bergara y reconocidos mundialmente. En 1996 se cumplió el segundo centenario de su muerte.

Juan José D'Elhuyar Lubice (1754–1796) y sus hermanos Fausto Fermín (1755–1833) y María Lorenza (1757–?) de origen vasco francés, nacieron en Logroño (La Rioja), eran hijos de Juan D'Elhuyar Surrut y de Ursula Lubice Sarrasti, naturales de Hasparren y San Juan de Luz, respectivamente. Juan y Ursula decidieron emigrar a Bilbao en 1751, donde Juan D'Elhuyar ejerce como cirujano «latino»; donde permanecieron hasta comienzos de 1753. En esa fecha se trasladan a Logroño donde Juan D'Elhuyar ocupó la plaza vacante de cirujano del Hospital de Logroño. Las negociaciones con las autoridades logroñesas casi tardaron un año hasta que Juan D'Elhuyar aceptó la cantidad de, y cito textualmente: «300 ducados de vellón en cada año con la obligación de asistir al Ospital y pobres de solemnidad». La familia D'Elhuyar llegó a Logroño el 3 de febrero de 1753. Juan José nació el 15 de junio de 1754, Fausto Fermín vino al mundo el 11 de octubre de 1755 y el 8 de agosto de 1757 nació María Lorenza. El 2 de julio de 1758 fallecía en Logroño, Ursula Lubice dejando tres niños de corta edad y una situación económica familiar difícil.

Juan D'Elhuyar era un médico ilustrado francés que se ocupó de dar a sus hijos la mejor formación académica y científica, por lo que decidió —tras finalizar sus estudios en Oyón y Logroño— enviarlos a estudiar a París, que en aquel momento era una de las ciudades más importantes del mundo, donde se hallaban los mejores científicos especializados en Medicina y Química. En esta ciudad siguieron los cursos de dos grandes

profesores: Hilaire Marin Rouelle y Jean D'Arcet de quienes aprendieron las ideas fundamentales sobre el aislamiento de los metales y la acción del calor sobre los cuerpos. Además, durante la estancia de Juan José y Fausto D'Elhuyar en París conocieron a Antonio de Munibe Areizaga, hijo del Conde de Peñafiorida, y a Francisco Xavier de Eguía y Corral, hijo de Joaquín de Eguía, tercer Marqués de Narros (1733-1803). El Conde de Peñafiorida era el Director Perpetuo de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y el Marqués de Narros el Secretario Perpetuo, al que sucedió como tercer Director de la Sociedad.

La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País nacida el 24 de diciembre de 1764 durante el reinado de Carlos III (1759-1788) bajo el impulso creador y dirección del azkoitiarra D. Francisco Xavier María de Munibe e Idiáquez (1729-1785), octavo Conde de Peñafiorida, tuvo un lugar destacado en la búsqueda de los elementos químicos y en el progreso de la ciencia. Carlos III tomó bajo su protección a la Sociedad Bascongada de los Amigos del País en septiembre de 1770; a partir de entonces, se llamará Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País. En 1777, Juan D'Elhuyar se vinculó a la Real Sociedad Bascongada y sus hijos Juan José y Fausto fueron admitidos ese mismo año como socios de la Bascongada. Los hermanos Juan José y Fausto D'Elhuyar Lubice presentan un trabajo científico en las Juntas Generales de esta Real Sociedad celebradas en la ciudad de Vitoria en septiembre de 1783. En él se analiza la wolframita,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , y se da a conocer, por primera vez el procedimiento para aislar un nuevo metal, el wolframio.

¿Cómo es posible que en tan sólo treinta años de existencia de la Bascongada se consiguiera un logro científico de esta importancia? Para responder a esta cuestión es necesario realizar un análisis de la breve historia de la Real Sociedad Bascongada.

Además de crear y desarrollar el Real Seminario Patriótico Bascongado y dotar con las instalaciones y equipos científicos más adelantados de su tiempo el *Laboratorium Chemicum*, y contratar profesores extranjeros de gran prestigio para impartir clases e investigar en la Real Escuela Metalúrgica de Bergara, se enviaron miembros de la Real Sociedad Bascongada para que completaran su formación en los centros de investigación más cualificados de Europa. El objetivo principal era preparar un profesorado propio de gran calidad que se pudiese incorporar al Real Seminario Patriótico de Bergara después de finalizada su formación científica y técnica. Entre los científicos hispanos que destacaron por su excepcional valía hay que destacar a Fausto D'Elhuyar y a su hermano Juan José D'Elhuyar Lubice. El primero fue pensionado por la Real Sociedad Bascongada, mientras que el segundo fue pensionado por el Rey Carlos III para que llevara a cabo una labor de

espionaje industrial y científico sobre los métodos empleados por los ingleses para fabricar los cañones para la Marina en sus fábricas escocesas de Carron.

El elemento vigesimoquinto en ser descubierto fue aislado en el *Laboratorium Chemicum* de Bergara en 1783 por los hermanos Juan José y Fausto D'Elhuyar Lubice. Además de las excelentes condiciones creadas por la Bascongada se dieron cita una serie de circunstancias fortuitas que posibilitaron este hallazgo científico en el País Vasco. Es preciso recordar en este punto que tan sólo tres elementos — platino, wolframio y vanadio— han sido aislados por españoles (Tabla 1), y que el único que se consiguió obtener en suelo español fue el wolframio.

El Ministerio de Marina obtenía los cañones para sus buques de guerra en las empresas siderúrgicas de La Cavada y Liérganes (Cantabria). Estas fábricas fueron propiedad privada de la Casa de Villacastel, pero habían pasado a ser regidas por el Cuerpo de Artillería del Ejército en 1763, y totalmente expropiadas en 1765. Una serie de reformas ineficaces en los procedimientos de fundición y vaciado trajeron como consecuencia una ostensible baja de la producción y calidad de los cañones. Este hecho motivó que la Marina, principal cliente de dichas fábricas, contratara el suministro de armamento pesado para la flota a las fábricas de cañones escocesas de Carron, que era el más prestigioso centro fabril europeo de esta industria. En mayo de 1775 comenzó el envío de cañones a España. Así el Ministerio de Marina tuvo que recurrir a Gran Bretaña para satisfacer su demanda de piezas artilleras, pero esta relación comercial quedó totalmente paralizada en mayo de 1778, próxima la guerra contra Inglaterra. Esta dependencia de una potencia extranjera en algo tan vital como la defensa, movilizó a la Marina en la dirección de encontrar los medios adecuados que permitieran rehabilitar la industria de guerra española.

Pedro González de Castejón y Salazar Camargo y Gascón (1719–1783), Marqués González de Castejón, Ministro de Marina de Carlos III, nacido en Tudela el 24 de julio de 1719, llegó a ser Teniente General de la Real Armada, Secretario de Estado y Despacho Universal de Marina y Comendador de Orqueta en la Orden de Santiago. Falleció en Madrid el 19 de marzo de 1783 y le sucedió en el Cargo de Ministro de Marina Antonio Valdés y Bazán. Entre el Ministro González de Castejón y la Bascongada intervino como mediador José de Mazarredo Salazar Muñatones y Gortazar (1745–1812). José de Mazarredo, nacido en Bilbao el 8 de marzo de 1745, ingresó en la Armada el 17 de febrero de 1759, contando casi 14 años. Demostró su inteligencia y valor en numerosas ocasiones, llegando a ser Comandante General de la Escuadra del Mediterráneo en 1794. Murió a los 67 años después de una vida muy azarosa.

Tabla 1.

---

**Elementos químicos descubiertos por españoles.  
Platino (1748), Wolframio (1783) y Vanadio (1801)**

- Pt (1748)** • Antonio de Ulloa (1716-1795), físico, matemático y marino sevillano descubre el platino en 1735 en Sudamérica durante la expedición real para medir el arco de meridiano terrestre en Quito (Perú). Publica su descubrimiento en 1748. El platino es un elemento que por encontrarse nativo en la Naturaleza era conocido por los indios precolombinos. La voz platino deriva de la palabra castellana platina (Platina del Pinto, Río Pinto, Colombia).
- W (1783)** • Juan José (1754-1796) y Fausto (1755-1833) D'Elhuyar Lubice, geólogos, ingenieros, metalúrgicos, minellogistas y químicos nacidos en Logroño. El 28 de septiembre de 1783 presentan el trabajo científico sobre el aislamiento del wolframio en las Juntas Generales de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País celebradas en Vitoria. El wolframio fue aislado por primera vez en Bergara (Guipúzcoa) a partir de la wolframita,  $(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$ . La palabra wolframio deriva de las voces alemanas wolf y rahm, que significan baba o espuma de lobo. Los mineros sajones denominaban *wolfram* a un mineral que acompañaba a las menas de estaño impurificándolas.
- V (1801)** • Andrés Manuel del Río (1764-1849), geólogo, metalúrgico, mineralogista, naturalista y químico madrileño. Fue discípulo de Lavoisier. Aisló el vanadio en la ciudad de México en 1801 a partir del mineral *plomo pardo de Zimapán* procedente de Hidalgo al norte de México. Le dió el nombre de pancromo, ya que sus sales recordaban a las del cromo, que había descubierto Vauquelin en 1797. Más tarde, lo renombró como eritronio (de color rojo) al comprobar que la mayoría de sus sales se volvían rojas tras calentarlas. El análisis del mineral realizado por el francés Collet-Descotils y la descripción que del cromo llevó a cabo Fourcroy, junto con el naufragio padecido por su amigo el barón Alexander von Humboldt y el exceso de honradez científica hicieron que del Río perdiera la ocasión de haber inscrito su nombre en la historia de los descubrimientos de los elementos químicos. Años más tarde, Friedrich Wöhler con el mineral *plomo pardo de Zimapán* confirmó el descubrimiento del vanadio de del Río, aunque el nombre de eritronio sugerido por él no fue aceptado. Actualmente, el descubrimiento del vanadio se atribuye al químico sueco Nils Gabriel Sefström quien lo redescubrió en 1830. Junto con Jöns Jacob Berzelius le dieron el nombre de vanadio en honor de Vanadis, sobrenombre de Freya, diosa de la mitología escandinava de la belleza y la juventud, por los compuestos multicolores que forma.
-

Bajo la influencia del Marqués González de Castejón se crearon el Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara y el Laboratorium Chemicum y se dotaron las cátedras de Química y Mineralogía, estaba muy interesado en reconstruir la industria de armas en España; por ello, el Ministro de Marina se dirigió al competente e ilustrado Capitán de Navío, José de Mazarredo, Profesor de la Academia de Guardias-Marinas de San Fernando (Cádiz) y que mantenía una estrecha relación con la Bascongada, en las primeras semanas del año 1777, para tratar de introducir hombres de confianza, capaces, instruidos y hábiles en las fábricas de armas de Carron para «copiar» el método empleado por los ingleses. El Ministro de Marina buscaba a alguien con conocimientos técnicos para enviarlo a otros países europeos con el fin de aprender y perfeccionar dicho método. Mazarredo, a su vez, se entrevistó con Peñaflorida y Narros con quienes comentó su delicada misión y solicitó su colaboración desde Bergara. Mazarredo concluyó su cometido en febrero de 1777 y a partir de ese mismo mes comenzó una larga y copiosa correspondencia entre el Marqués González de Castejón y los directores de la Real Sociedad Bascongada. Los puntos centrales de esta relación epistolar fueron tres proyectos:

1. El Ministerio de Marina se haría cargo de los gastos totales de la fundación y actividad docente de las cátedras de Química y Mineralogía.
2. La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País buscaría una persona que, como espía industrial, lograra introducirse en la fábrica de Carron.
3. La Bascongada designaría a otra persona que visitara las ferrerías y minas del norte de Europa, con la misma misión de espionaje industrial, y cuyo destino final sería también la fábrica escocesa de cañones.

El 13 de julio de 1777, los fundadores de la Bascongada proponen al Marqués González de Castejón a Ignacio de Montalbo, metalúrgico y grabador, y que era Socio Profesor de la Bascongada como «sugeto práctico» después de desestimar a Ignacio Zavalo. Montalbo cambió su nombre por el de José Martínez, huérfano de padre y madre, y sobrino de un cura adinerado que se llamaría Diego de Mesía. En Londres se haría pasar por prófugo de la justicia española por haber matado a un hidalgo que le sorprendió en amoríos con su hija. Su tío le suministraría una pensión de 20 reales diarios hasta que lograra un empleo en Londres, llevaría una carta del cura aconsejándole que no volviera a España, por el mal estado de su causa. Cuando Ignacio de Montalbo hubiera adquirido en Londres el conocimiento

del inglés, debería dirigirse a Carron para introducirse en sus fábricas de cañones. Parece que logró su propósito, consiguiendo introducirse en las fábricas de cañones en el año 1781 y cumplir su delicada misión.

El 15 de septiembre de 1777, el Ministro de Marina comunicó a la Bascongada la aprobación por el Rey Carlos III de la fundación de dos cátedras, una de Química y Metalurgia y otra de Mineralogía y Ciencias Subterráneas, con una dotación anual de 15.000 reales para cada una y un presupuesto de 6.000 reales anuales para el laboratorio de Química, y 3.000 para el de Mineralogía, corriendo todos los gastos a cargo del Gobierno. Al final se constituyeron las dos cátedras de forma algo diferente a la propuesta por la Bascongada, por un lado se dotó la Cátedra de Química, y por otro, la de Mineralogía y Metalurgia. Un personaje importante en la creación de las Cátedras de Química y Mineralogía de Bergara es Eugenio Izquierdo, becado por el Rey Carlos III para estudiar Historia Natural en París. Fue el preceptor de Antonio María de Munibe Areizaga, hijo del Conde de Peñafiorida, y de Xavier María de Eguía y Corral, hijo del Marqués de Narros, cuando se encontraban estudiando en Europa. La Bascongada le comisionó varias veces para la contratación de profesores que ocuparan las Cátedras de Física, Química y Mineralogía cuando quedaron vacantes. En 1782, tras regresar a España fue nombrado Director del Real Gabinete de Historia Natural de Madrid.

Más tarde, Peñafiorida y Narros se dirigieron a sus hijos primogénitos que se hallaban en París y estos les indicaron que la persona que estaban buscando como «sugeto teórico o científico» para llevar a cabo la misión de espionaje científico-técnico era Juan José D'Elhuyar, quien para octubre de 1777 acababa de regresar de París y se encontraba en Logroño.

En el seno de la propia Real Sociedad Bascongada surgieron envidias y recelos entre algunos miembros de la Bascongada por el favor gubernamental concedido a Peñafiorida y Narros. Debido al carácter secreto de los contactos mantenidos con el Ministerio de Marina no fue posible a los Directores de la Bascongada informar a los demás Socios de la marcha del proyecto. Así se justifica la postura airada y recelosa de los que protestaron. Para cortar por lo sano y evitar el desmembramiento de la Sociedad, Peñafiorida y Narros solicitaron al Ministro que les remitiese una Real Orden por la que se vincularan las nuevas Cátedras al Real Seminario Patriótico de Bergara —motivo de la querrela de los socios de Alava— y todo el encargo de la gestión a ellos mismos. González de Castejón accedió a tales ruegos y envió la respuesta fechada el 26 de marzo de 1778 que aparece en la Tabla 2.

Mientras se preparaba el plan de enviar en misión secreta a dos individuos españoles a las fábricas de cañones escocesas se ordenó la suspensión del envío de cañones de Carron a España, según le anunciaba el

Príncipe de Marejano, Embajador de España en Londres, al Conde de Floridablanca el 21 de marzo de 1777 en su misiva: «se ha ordenado la suspensión del envío de cañones de Carron (Escocia) a la Coruña, sopena de que fueran protegidos por navíos de guerra, para evitar que los americanos se apoderaran de ellos...». Por lo tanto, había que acelerar los trámites para el cumplimiento de la misión de espionaje antes de que aparecieran nuevas dificultades. El mismo Conde de Floridablanca se encargaba de comunicar directamente la noticia al Conde de Peñafiorida en un escrito fechado el 15 de abril de 1777.

En el catálogo general de individuos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País figura en la relación de socios extranjeros Carlos Burgoyne, Director de la fábrica de Carron en Escocia, socio extranjero de la RSBAP durante el período 1778–1793. Es evidente, que la Bascongada había tratado de facilitar legalmente la entrada en la fábrica de cañones de Ignacio Montalbo y Juan José D'Elhuyar a través del Director de la fábrica de Carron cuando se considerara oportuno.

La Bascongada comunica, el 12 de octubre de 1777, desde Bergara al Marqués González de Castejón que ya han elegido al «sugeto científico». Se trata de Juan José D'Elhuyar, un joven de 23 años que contaba en aquel momento con una gran preparación científica necesaria para llevar a cabo tan alta y secreta misión. Lo recomiendan en estos términos: «Pareciéndonos, pues, que en este joven hallábamnos ya vencida la maior parte del trabaxo, le hemos propuesto, después de haberle juramentado del secreto, la idea de pasar inmediatamente al famoso Instituto Metalúrgico de Freiberg, en Saxonia, a dedicarse prácticamente a la fundición, pretextando para con el público la mira de imponerse perfectamente en la Metalurgia, para poder aspirar a la Cátedra que va a establecerse en ésta (...) El ha entrado mui gustoso, sugetándose a las Instrucciones que le queramos dar y contentándose con la asignación de veinte reales diarios». El 25 de enero de 1778, el Conde de Peñafiorida remite al Ministro de Marina, Marqués González de Castejón, las instrucciones «secretas» (Tabla 3) y «ostensibles» (Tabla 4) para su aprobación. A diferencia de Montalbo, Juan José D'Elhuyar llevaba dos tipos de instrucciones: unas secretas y otras ostensibles. Las instrucciones «secretas» constan de trece cláusulas o artículos; mientras que las «ostensibles» sólo contienen ocho. De entre los artículos secretos, hay que destacar el itinerario que debe seguir Juan José para llegar a Saxonia pasando por París, Dresde y Freiberg y completar su formación como experto en Metalurgia y el arte de fundir el hierro; se le indica que debe visitar fábricas de fundición, dando siempre preferencia a las de cañones de hierro. Más tarde, debe pasar una temporada en la fábrica de cañones de Stakelberg (Suecia) y desde allí se introducirá en las fábricas de Carron (Escocia)

---

**Tabla 2.**

---

**Borrador de la carta en la que el Ministro de Marina  
confirma a Peñaflorida y Narros la concesión de las cátedras  
otorgadas con anterioridad (15 de septiembre de 1777).**

1778, marzo 26. El Pardo.

*Borrador de carta de González de Castejón a Peñaflorida y Narros. Reitera la unión de las dos cátedras a los demás ramos de enseñanza del Seminario (\*).*

A.- A.G.S., Marina, Leg. 718, Exp. 1777-78. 1 p., 20 l., 30.0 x 21.0 cm.

Publicado por: Pellón / Román, 1999.

Las dos cátedras de Química, Meteorología<sup>1</sup>, y Minerología<sup>2</sup> que ha acordado el Rey, y para las que ha cometido al celo de V. SS. como miembros de la Sociedad Bascongada el encargo de los maestros, quiere S. M. se unan a los demás ramos de enseñanza del Seminario Patriótico en Bergara, para los tan útiles fines que resultarán a ese País, y a la Patria; y que continúen V. SS. con arreglo a cuanto les tengo prevenido de orden de S. M. así en el citado encargo de maestros, como en el total establecimiento de dichas cátedras y su pago, como asunto que por pura gracia del Rey, y por su innata propensión a la Ilustración y utilidad a sus vasallos, ha concedido donde puede proporcionarse mejor su fruto, según las instrucciones dadas a V. SS., y las que se reserva S. M. dar según convenga por esta vía reservada ~~de mi cargo~~. Dios guarde a V. SS. muchos años. El Pardo 26 de marzo de 1778.

---

(\*) Como esta Real Orden se publicó en los propios *Extractos* de 1778 de la Real Sociedad Bascongada, dio pie a que tradicionalmente se considerara la fecha del 26 de marzo de 1778 como la fecha de la fundación de las Cátedras de Química y Minerología, siendo como ya ha sido citado más arriba la fecha correcta la del 15 de septiembre de 1777.

---

<sup>1</sup> Quiere decir Metalurgia.

<sup>2</sup> Quiere decir Mineralogía.

Tabla 3.

### Instrucción secreta para el socio Juan José Delhuyar.

[1778, febrero 6. Vergara].

*Instrucción secreta para Juan José Delhuyar. Consta de trece apartados.  
Texto autógrafo de Peñafloreda.*

A.- A.G.S., Marina, Leg. 718, Exp. 1777-78. 4 pp., 28 + 28 + 27 + 12 l., 30.0 x 20.0 cm.

Publicado por: Palacios [1992, pp. 129-131].

Instrucción secreta para D. José de Luhiarte

1º

Tendrá siempre presente el secreto inviolable que tiene jurado sobre el verdadero objeto de su viaje.

2º

Pasará cuanto antes a Sajonia a estudiar a fondo la Metalurgia y la Ciencia de la fundición, sin distraerse en materias que puedan distraerle o robar tiempo para lo respectivo al hierro, cuyo ramo de fundición es el fin de su viaje.

3º

Se encaminará a su destino para París en donde se presentará a los socios bascongados D. Juan Bautista de Porcel, D. Antonio M<sup>o</sup>. de Munibe, y D. Xavier de Eguía, a quienes exhibirá la Instrucción que lleva de la Sociedad Bascongada, (ocultando ésta), de cuyas ideas están ya informados.

4º

En la estancia que hiciere en París, (que será la menor que se pueda), adquirirá cuantas noticias tenga por conducentes para su empresa, y algunos libros o tratados exquisitos, como son los Viajes Metalúrgicos de Mr. Gears<sup>3</sup>; la Memoria de Artillería sobre una nueva fábrica de cañones de fundición purificada o de Régulo del hierro por Mr. Grignon, con el Ensayo de una teoría de artillería de hierro contornado del mismo autor. / (fol. 2r) y cualquiera obra reciente y selecta en punto a fundición de cañones, y singularmente si hubiese alguna relativa a la Artillería Naval.

5º

Como le sería muy embarazoso el transporte de una biblioteca, siempre que no encontrase las piezas señaladas en el artículo precedente, sueltas y separadas de

<sup>3</sup> G. Jars (1732-1769) fue conocido por sus publicaciones sobre ingeniería de minas y metalurgia, aunque su obra más famosa («Voyages Métallurgiques...», Lyon-París, 4 vols., 1777-1781) vio la luz gracias a su hermano, también metalúrgico, quien la publicó después de haber fallecido su autor [Partington, vol. III, 1962, p. 101].

las colecciones en que regularmente se hallan, se empleará en París en sacar copias o extractos de ellas, a excepción de la primera obra citada.

6°

Desde París marchará en derecha a Sajonia y después de presentarse en Dresde al Ministro de España, pasará a Freiberg, solicitando, si fuese necesario, el permiso al Elector para poder ser admitido en aquel Instituto.

7°

Se aplicará en Freiberg a estudiar fundamentalmente la Metalurgia y el arte de fundir el hierro, proponiéndose siempre de salir artillero o fundidor de cañones de hierro, cual no le hay en España, en la que consiguientemente será estimado y recompensado como uno de los ciudadanos más útiles.

8°

En hallándose bien compuesto en la teórica, / (fol. 2v) reconocerá las fábricas de fundición que hubiese en el Electorado y en Alemania, dando siempre la preferencia a las de cañones de hierro.

9°

Pasará después para una temporada a la fábrica de cañones de hierro de Stakelberg en la provincia de Sudermania<sup>4</sup>, del reino de Suecia, en donde procurará enterarse a fondo del arte: y si el Ministro de Suecia en Estocolmo le indicase alguna otra, la reconocerá con particular cuidado.

10°

Desde Suecia pensará en introducirse por último escalón en las fábricas de Carron en Escocia; y a fin de ser admitido en ella[s] con menor recelo, se dirá alemán y del oficio, por cuya razón deberá imponerse bien en la lengua alemana mientras permanezca en Alemania.

11°

Cuando determine ir a Escocia, quedará de inteligencia con algún sujeto de confianza de París, a fin de mantener correspondencia por su medio con los comisionados del Excmo. Ministro de Marina. El dicho corresponsal estará prevenido, de que las cartas que reciba con cubierta alemana para un sujeto supuesto residente en París, deberá dirigirlas a España a V. E., y por si se interceptan las cartas, entre un contexto indiferente en lengua alemana, sembrará con / (fol. 3r) disimulo dicciones bascongadas, que juntándolas expresen lo que quiera comunicar a los comisionados.

12°

Las remesas para su gasto se harán por París, y por manos del corresponsal dicho, el cual supondrá haberlas recibido del alemán supuesto de París, para quien han de venir las cubiertas dichas en el artículo precedente.

13°

Cuando se halle en estado de restituirse a España, dará aviso por el corresponsal de París.

---

<sup>4</sup> La región de Södermanland se encuentra muy próxima a Estocolmo [Larousse, 1988].

---

**Tabla 4.**
**Instrucción ostensible para el socio Juan José Delhuyar.**

[1778, febrero 6. Vergara].

*Instrucción pública para Juan José Delhuyar. Consta de ocho apartados.*

A.- A.G.S., Marina, Leg. 718, Exp. 1777-78. 2 pp., 29 + 10 l., 30.0 x 20.0 cm.

Publicado por: Palacios [1992, pp. 131-132].

Instrucción para el socio D. José del Huyar.

1º

D. José del Huyar procurará pasar con la posible brevedad a París, en donde se presentará a los amigos Porcel, Munive y Eguia, que están informados de las miras que tiene la Sociedad en su viaje.

2º

Tratará con aquellos consocios {y} de los sabios que puedan dar luces del modo de hacer fructuosos sus viajes Metalúrgicos.

3º

De París se trasladará cuanto antes a Sajonia; primeramente a Dresde, con el fin de presentarse al Ministro de España, y luego al Instituto Metalúrgico de Freiberg.

4º

En esta Universidad se presentará al famoso fundidor Gellert para quien llevará carta de recomendación, y procurará intimarse con él, a fin de interesarle en sus progresos.

5º

Se dedicará a estudiar fundamentalmente la Metalurgia, frecuentando cuanto pueda los hornos de fundición Electorales y demás que estuviesen cerca.

6º

Cuando se contemple suficientemente instruido viajará por {la} Alemania, Suecia e Inglaterra, registrando las herrerías y oficinas de fundición más famosas, y tomando razón de cuanto observase en cada parte. / (fol. 1v)

7º

Deberá escribir a lo menos una vez {en} cada seis meses, dando cuenta de sus progresos al director de la Sociedad, y consultando las especies que le ocurran, singularmente en punto a sus viajes después de los estudios de Freiberg.

8º

Si los socios de París le diesen algunos puntos de instrucción relativos a su destino, los añadirá a estos ocho artículos.

---

Ya se ha referido antes que en la instrucción secreta que lleva Juan José compuesta por trece cláusulas (Tabla 3), es conveniente recordar la décima y la undécima porque definen a la perfección su cometido de espía. Una semana más tarde de la redacción de estas instrucciones, el Conde de Peñafiorida envió al Marqués González de Castejón un suplemento a la instrucción secreta con tres nuevos apartados (Tabla 5). Además de estas dos instrucciones con el suplemento el Conde de Peñafiorida y el Marqués de Narros elaboraron una tercera instrucción para los socios de la Bascongada con el fin de mantener el secreto del proyecto. Sus apartados están formados por aquellas partes de las otras instrucciones que no desvelan ninguno de los aspectos secretos de la misión.

Fausto D'Elhuyar es propuesto por Juan Bautista Porcel, Antonio María de Munibe y Francisco Xavier de Eguía como profesor de Mineralogía y Metalurgia para la Real Escuela Metalúrgica de Bergara, aneja al Real Seminario Patriótico, después de desechar las candidaturas de profesores extranjeros y decantarse por un joven que pueda formarse en el extranjero. En carta enviada desde París al Conde de Peñafiorida y al Marqués de Narros, fechada el 19 de diciembre de 1777, Fausto acepta la Cátedra de Mineralogía con el compromiso de su formación en la Universidad de Freiberg.

El Ministro de Marina decidió compensar a la Sociedad Bascongada creando una beca de designación real para Juan José y una segunda beca patrocinada por la Bascongada para su hermano Fausto con el fin de formarse en Mineralogía, Ciencias Subterráneas y Metalurgia. La principal misión de Juan José era la visita a la fábrica escocesa de cañones de Carron. Los hermanos D'Elhuyar comenzaron su viaje de formación científica el 6 de abril de 1778 camino de París, y llegaron a Freiberg en el mes de julio. El plan de estudios, establecido en 1765, de la Academia de Minas o Instituto Metalúrgico de Freiberg estaba formado por las siguientes materias [e impartido por los profesores que figuran entre paréntesis]: Historia natural de los fósiles, Beneficio de las minas (Werner), Geometría subterránea (Charpentier, Rechter), Matemáticas (Charpentier), Física (Charpentier), Dibujo (Charpentier), Química con aplicación a la metalurgia (Geller) y la Docimasia o arte de ensayar los metales (Klotseh). Los hermanos D'Elhuyar fueron alumnos del eminente profesor de Geología y Mineralogía Abraham Gottlob Werner, cofundador de la Bergakademie o Academia de Minas de Freiberg y conocido mundialmente por sus aportaciones científicas, con quien establecieron una profunda amistad. Durante su estancia científica en Europa, los hermanos D'Elhuyar visitaron minas y fundiciones de Alemania, Austria, Hungría y las repúblicas Checa y Eslovaca.

Tabla 5.

---

**Suplemento a la instrucción secreta para el  
socio Juan José Delhuyar.**

[1778, febrero 13. Vergara].

*Suplemento a la instrucción secreta para Juan José Delhuyar. Consta de tres apartados.*

*Texto autógrafa de Peñafloreda.*

A.- A.G.S., Marina, Leg. 718, Exp. 1777-78. 1 p., 27 l., 29.0 x 20.0 cm.  
Publicado por: Pellón / Román 1999.

Suplemento a la instrucción secreta de D. José de Luyarte<sup>5</sup>.

1º

En París procurará verse con Mr. Grignon para mostrarle las muestras de fundición de La Cavada y pedirle su dictamen hacia su calidad en general, y particularmente sobre si es de la especie que en su Memoria de la Artillería llama Fonte Limailleuse, como se puede juzgar a la vista y aún por otras pruebas y señas. Con este motivo solicitará luces de este grande hombre de Francia en el ramo de las fábricas de fierro; haciéndole presente el interés que en esto tiene la Sociedad Bascongada, de la que es miembro muy celoso este sabio\*; pero ocultándole el verdadero fin de su viaje.

2º

En Suecia deberá también hacer alguna mansión en la fábrica de Moss<sup>6</sup>, de donde se surte de cañones la marina dinamarquesa, a fin de observar lo que hubiere de particular, y fuese capaz de dar alguna luz para sus adelantamientos.

3º

Llevará consigo una copia de todos los apuntamientos<sup>7</sup> que ha traído Montalbo desde La Cavada, con muestras de las fundiciones de aquellos hornos, y de los minerales de que se hace uso.

---

<sup>5</sup> En el margen izquierdo del documento, Peñafloreda escribió, entre las líneas 7 y 11: « Este artículo se copiará también en la Instrucción de la Sociedad hasta la estrella \*.»

<sup>6</sup> Puede referirse a la ciudad noruega de Moss, que se encuentra a orillas del lago del mismo nombre, a poca distancia de Oslo y muy próxima a la frontera con Suecia [Larousse, 1988].

<sup>7</sup> Quiere decir anotaciones.

El 21 de marzo de 1781, Peñaflovida y Narros recibieron en Bergara la carta «reservada» de Juan José enviada desde Freiberg con las novedades de las investigaciones «secretas» de su misión, que rápidamente pasaron a comunicar al Ministro de Marina: «Acabamos de recibir carta de Don José de Luiarte, pensionado de S. M. a influxo de V. E., en que nos dice desde Saxonia, que en una prueba de cañones hecha en Hamburgo ha resultado una notable preferencia en los de Suecia sobre los de Carron, cuia fábrica parece se ha deteriorado, por lo cual, y hallarse cerrada en el la entrada en los dominios ingleses, considera ser de su obligación el proponer por nuestro medio a V. E. la idea de pasar a las famosas fábricas de Suecia para adquirir quanto antes los conocimientos que desea S. M.».

En esta época, España e Inglaterra estaban en guerra por lo que Juan José no pudo ir a Escocia para obtener los informes sobre la fabricación de los cañones de Carron. Un nuevo cañón sueco había despertado gran interés, de modo que la Real Sociedad Bascongada autorizó a Juan José para que realizara un viaje a Suecia. Por ello, se dirigió a este país atraído por la fama del gran químico sueco Torbern Olof Bergman, profesor de la Universidad de Upsala.

Fausto regresó a Bergara a requerimiento del Conde de Peñaflovida para incorporarse a la Cátedra de Mineralogía, Ciencias Subterráneas y Metalurgia. Juan José salió de Viena el 28 de agosto de 1781 camino de Dresde, desde allí llegó a Copenhague y prosiguió su viaje hacia Suecia, según el plan propuesto por el Conde de Peñaflovida, a donde llegó a finales de diciembre. En la Universidad de Upsala se inscribió como alumno de un curso impartido por el célebre profesor de Química Torbern Olof Bergman.

Es muy importante recalcar que Juan José fue solo a Upsala. Durante la primera mitad del presente siglo algunos autores, como Gálvez-Cañero, Fagés y Virgili, han sostenido que fueron los dos hermanos quienes siguieron el curso de Bergman, mientras que Moles pretende que sólo lo hizo Fausto. Sin embargo, los historiadores Mary Elvira Weeks, Arthur P. Whitaker y Stig Rydén han demostrado que únicamente Juan José visitó Suecia.

Juan José permaneció en Suecia desde diciembre de 1781 hasta julio de 1782, siguió en Upsala el curso del profesor Bergman junto con un francés, presidente de la *chambre des comptes* de Dijon, el Sr. Charles André Hector de Virly. El propio Bergman indica cual fue el objeto del curso dirigido por él: «Junto con el Sr. de Virly, y con el mismo objeto vino a Upsala el Sr. de Luyarte, de España y no solamente terminaron *privatissime* todo un curso de alta química, sino que también siguieron otras clases privadas, en el arte de la Docimasia, concluyendo cada uno los *ensayes* que les fueron puestos delante. Se quedaron hasta clausurado el semestre.»

Al final del curso, Juan José D'Elhuyar y el Sr. de Virly visitaron al célebre químico sueco Carl Wilhelm Scheele durante dos días en Köping. En carta fechada en Köping el 5 de julio de 1782 y dirigida a su maestro y amigo Bergman, dice Scheele: «Los señores extranjeros estuvieron conmigo dos días; me fue muy grato de veras conversar con ellos sobre asuntos químicos; y es que no eran nada inexpertos en la materia ...».

Durante su estancia en Suecia, Juan José tuvo ocasión de profundizar en sus conocimientos de «alta química», Docimasia y «ensayos» como refiere el propio Bergman. Este curso y las discusiones con Scheele son las claves del descubrimiento del wolframio y que su hermano Fausto desconocía. Bergman había intuido que la «piedra pesada» contenía, entre otras cosas, un nuevo metal sin descubrir todavía y así lo comunica a la Real Academia Sueca de Ciencias (Actas de abril-junio de 1781) en su comentario al trabajo realizado por Scheele sobre los componentes de la «piedra pesada» titulado: «Tilläggning om Tungsten», o sea, «Addenda sobre la Piedra Pesada». En el curso recibido por Juan José se refiere al «ácido tungustique», su forma de obtenerlo y sus diferencias con el ácido molíbdico. Sin embargo, no cita el modo de obtener el nuevo metal. Este hallazgo estaba reservado a los hermanos D'Elhuyar.

Sin embargo, a pesar de la gran preparación profesional de Juan José D'Elhuyar y a causa de unos desagradables incidentes con el Marqués González de Castejón no pudo incorporarse a ningún puesto de trabajo. El Ministro de Marina estaba molesto con Juan José porque no había completado sus estudios con la celeridad que exigía el Marqués para luego visitar las fábricas de cañones de Carron. Más tarde, se enojó porque la Real Sociedad Bascongada autorizó a Juan José que continuara sus estudios en Suecia motivando un mayor retraso y más gastos que el Marqués González de Castejón se negó a abonar a la Bascongada, pero cuando se enteró que Juan José después de sus viajes se inclinaba por el método más moderno de la fusión sólida para la fabricación de cañones y abandonaba el antiguo de vaciado en hueco que propugnaba el Ministro de Marina ya no pudo reprimirse y suspendió la operación unilateralmente. Cuando los responsables de la Bascongada recordaban al Ministro de Marina las cantidades pendientes de librar correspondientes al plazo de diciembre de 1782 debieron de sentarle muy mal al Ministro de Marina. Sabido es el gran interés demostrado por el Marqués González de Castejón por el método de fabricación empleado por los ingleses en su fábrica de Carron. El Ministro de Marina suspendió de forma tajante la misión, retirando la subvención de los dos comisionados y ordenando el inmediato regreso de los pensionados.

Desde septiembre de 1781 y hasta la muerte del Marqués González de Castejón, Juan José vivió con el dinero prestado por unos amigos y

socios de la Bascongada para continuar su viaje hasta Suecia, como le hace saber al nuevo Secretario de Estado para las Indias, José de Gálvez, Marqués de Sonora. Juan José visitó las minas de Komsberg en Suecia y, más tarde, otras de Noruega. Al final del otoño de 1782 se encuentra en Amsterdam a donde llegó desde Christiania (hoy Oslo) y aquí se embarcó camino de París.

La mayor parte de los autores sitúan a Juan José en Bergara en el otoño de 1782. Sin embargo, el 12 de mayo de 1783, Juan José escribe a Werner desde París, donde se encuentra desde hace cinco meses, sobre su intención de ir a Inglaterra o regresar a España. Es muy probable que Juan José regresara el mes de mayo o junio de 1783 a Bergara. Juan José se refugia con su hermano Fausto en Bergara a quien hace partícipe de las ideas de Bergman y Scheele sobre el nuevo metal que contiene la piedra pesada. Fausto pone a disposición de Juan José los laboratorios dotados con modernos equipos y hornos que consiguen temperaturas más altas y constantes que los empleados en Upsala. Trabajando con la wolframita traída por Fausto de Zinnualde, en la frontera de Sajonia y Bohemia, analizan el mineral demostrando que contiene hierro y manganeso. Obtienen el ácido wolfrámico encontrado por Scheele en la piedra pesada y a partir de éste, por reducción del  $WO_3$  con carbón en ausencia de aire aíslan el wolframio —el volfram o volfran como ellos aconsejan que debe llamarse el nuevo metal— y así se recoge al final de su memoria.

Desde el regreso de Juan José a Bergara a finales de mayo o principios de junio de 1783 comienza las investigaciones para aislar el nuevo metal y a finales del mes de septiembre de ese año, los dos hermanos presentan conjuntamente el trabajo titulado «Análisis químico del volfram, y exàmen de un nuevo metal, que entra en su composicion» que aparece publicado en los Extractos de las Juntas Generales de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País celebradas en Vitoria en la sección correspondiente a las Comisiones Segundas sobre Ciencias y Artes útiles. Sin menoscabo de la aportación de Fausto, es necesario hacer justicia y reconocer que la mayor parte de las investigaciones sobre el descubrimiento del wolframio se debieron a Juan José.

Una vez aislado el wolframio, Juan José tuvo que abandonar Bergara en diciembre de 1783 con destino a Cádiz donde se embarcaría hacia América el 18 de julio de 1784 para desempeñar el cargo de Director General de las Fundiciones del Nuevo Reino de Granada (hoy Colombia) y, de nuevo, debido a su carácter retraído y olvidadizo no comunicó al profesor Bergman su descubrimiento y encargó a su hermano Fausto que lo hiciera en su nombre. Este le comunicó a Bergman la noticia del descubrimiento del wolframio por carta fechada en Bergara el 15 de enero

de 1784. Sin duda, el envío de Juan José a Colombia fue una desacertada decisión, ya que en la metrópoli podían haberse aprovechado mucho mejor sus conocimientos científico-técnicos adquiridos. A finales de 1783, Juan José D'Elhuyar era el geólogo, metalúrgico, mineralogista, químico e investigador más importante de todos los reinos de Carlos III. Lo más acertado hubiera sido ponerlo al frente de un grupo de investigación aplicada en la metrópoli.

Torbern Olof Bergman hace partícipe de la noticia del aislamiento del wolframio a su amigo Scheele, éste contesta a Bergman desde Köping con fecha del 2 de abril de 1784 diciéndole: «Celebro que el Sr. Luyarte haya obtenido regulum tungsten; espero que haya enviado al Señor Profesor muestras de él». Las palabras de Scheele deben analizarse desde una doble perspectiva. En primer lugar, reconoce el honor del descubrimiento a los hermanos D'Elhuyar y, muy en particular, a Juan José que era a quien él conocía personalmente. Scheele, junto con Bergman, eran los únicos que podían cuestionar el descubrimiento del wolframio y, de hecho, Bergman reclamó el nombre de tungsteno para el nuevo metal. Por otro lado, era habitual en aquella época que cuando se producía el hallazgo de un nuevo elemento se enviaran muestras del mismo a Bergman debido a su gran prestigio y saber científico para confirmar si se trataba de un nuevo elemento o de alguno ya conocido. Una vez que Bergman comprobó que se había aislado un nuevo metal, propuso el nombre de tungsteno a lo que se opuso Juan José D'Elhuyar argumentando con respeto a su maestro que el nombre para el nuevo metal debía ser el de wolframio.

En la literatura castellana relacionada con el wolframio suele aparecer el término tungsteno para designar al mismo elemento, que es una voz incorrecta. Esta aclaración se introduce para indicar que se trata del mismo metal. Sin embargo, hay que mencionar que el verdadero nombre castellano de este elemento es: wolframio o volframio, que de las dos formas se puede escribir, ya que es un privilegio reconocido por las más altas instituciones científicas que sus descubridores tienen el honor de dar nombre al elemento que han descubierto. Los hermanos D'Elhuyar decidieron dar al elemento aislado por ellos el nombre de volfram por haberlo obtenido de la wolframita. En la literatura anglófona, generalmente, al wolframio se le llama tungsten o una voz derivada. Otro tanto ocurre con sus compuestos, que suelen derivarse del nombre del elemento. En cualquier caso, su símbolo químico es la W mayúscula.

Torbern Olof Bergman y Juan José D'Elhuyar establecieron una profunda relación de sabios, amantes de la investigación y el progreso de la ciencia. Durante el tiempo que Juan José pasó al lado de Bergman, desde febrero hasta junio de 1782, siguió un curso de Química Avanzada que

recogió en sus «Apuntes hechos por Dn. Juan Josef D'Elhuyar en el curso de Química particular que siguió en el año de 1782 en la Unibersidad de Upsala en Suecia con el profesor Mr. Bergman sobre los nuebos descubrimientos en dicha Ciencia». Este documento de extraordinario interés científico se encuentra en la Biblioteca Nacional de Bogotá (Colombia). De esta relación científica sólo se conserva otro documento de gran valor histórico, se trata del borrador de la carta que Juan José dirigió a Bergman desde Cartagena de Indias el 3 de noviembre de 1784 en contestación a la remitida por el químico sueco el 18 de marzo de ese mismo año.

Desde su salida de Bergara hasta su llegada a Colombia tardó nueve meses desembarcando en Cartagena de Indias en septiembre de 1784. A pesar de gozar de la amistad del arzobispo virrey de Nueva Granada Caballero Góngora y de José Celestino Bruno Mutis y Bossio (1732-1808), se le plantearon muchas dificultades para desempeñar su labor de Director General de las Fundiciones del Nuevo Reino de Granada. Si observan con detenimiento los billetes de 2.000 pesetas, verán que aparece inspeccionando una flor y provisto de una lupa y una pluma de ave para tomar notas, D. José Celestino Mutis, célebre naturalista y patriarca de los botánicos españoles, director de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, socio de diferentes academias europeas, astrónomo de Su Majestad Carlos III y autor, entre otras, de las obras: «Historia de los árboles de quina» (1809) y «Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada» (publicada a partir de 1954). José Celestino Mutis tuvo el honor de conocer durante su estancia en Colombia a Juan José D'Elhuyar y entablar una profunda amistad. Mutis se refería a Juan José D'Elhuyar como «sabio químico» y «sabio minero» e incluso llegó a emitir un informe reclamando que desde la Corte «...se le diera el tratamiento que le correspondía, y se le debía» por su categoría de gran científico.

Como decía al principio de esta charla, recordaré que el gran químico y farmacéutico alemán Martin Heinrich Klaproth descubridor del uranio (1789) y del circonio (1789), en 1786, tres años más tarde del aislamiento del wolframio en Bergara por los hermanos D'Elhuyar, reconocía que: «hasta el presente sólo Hr. Elhuyar ha tenido éxito en conseguir el metal [wolframio]». Asimismo, el barón Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt (1769-1859) reconoció y elogió los trabajos de ingeniería y minería realizados por Juan José durante su estancia en Colombia tras visitar las instalaciones que dejó a su muerte.

La increíble aventura científico-técnica de Juan José D'Elhuyar está basada en cuatro pilares: en su propio esfuerzo y capacidad de trabajo, en el apoyo familiar, en el entusiasmo de sus profesores de París, Freiberg y Upsala y en el ingenio del Conde de Peñafloreda.

Antes de concluir, permítanme unas breves palabras sobre dos figuras irrepetibles en la historia del País Vasco: D. Xavier María de Munibe e Idiáquez (1729-1785) fallecido a los 55 años y D. José María Arizmendiarieta Madariaga (1915-1976) fallecido a los 61 años. Noble ilustrado azkoitiarra del siglo XVIII, el primero; sacerdote markinatarra del siglo XX comprometido con su pueblo, el segundo. Fallecieron, a tan sólo doce kilómetros de distancia, en Bergara y Arrasate, respectivamente. Ambos se distinguieron, a pesar de los casi doscientos años que les separaron, por su gran amor al País Vasco, su patriotismo y su extraordinaria visión de futuro. Sus constantes desvelos e inquietudes por su tierra y el deseo de aumentar el nivel cultural, económico, industrial, intelectual y social de sus paisanos les impulsaron a crear centros de educación e investigación que fueron modélicos en su tiempo. Espero que alguien realice un estudio comparado de la obra de estos dos grandes vascos para mantener viva la llama que encendieron.

Quisiera finalizar mis palabras expresando mi más cordial agradecimiento a todos ustedes por su confianza y atención.

Bilbao, 17 de marzo de 1998.

## Bibliografía

- Bocklund, U., «Carl Wilhelm Scheele», En *Dictionary of Scientific Biography*, Gillispie, C. C., editor, Charles Scribner's Sons, New York, 1985, vol. 11, págs. 143-150.
- Calvo, F., «Química y metalurgia del wolframio», Sesión de apertura del curso académico 1982-1983 celebrada el 21 de octubre de 1982 en la Real Academia de Farmacia, Instituto de España, Madrid, 1982.
- Carlid, G. y Nordström, J., *Torbern Bergman's foreign correspondence*, Almqvist & Wiksell, Estocolmo, 1965, vol. 1.
- Caycedo, B. J., «El Sabio D'Elhuyar», *Berceo*, 1964, 70, 56.
- Caycedo, B. J., «El Sabio D'Elhuyar», *Berceo*, 1964, 71, 151.
- Caycedo, B. J., «D'Elhuyar y el Siglo XVIII Neogranadino», *Ediciones de la Revista Ximénez de Quesada*, Bogotá, Colombia, 1971, vol. XXIII.
- Extractos y Resúmenes de las Actas de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Juntas Generales*, Sección Primera, Vitoria, septiembre 1783, págs. 3-4.
- Fages, J., «Los químicos de Vergara y sus obras», Discurso leído ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el día 27 de junio de 1909, Tipografía Pontejeos, Madrid, 1909.
- Fredga, A. y Rydén, S., «Juan José D'Elhuyar anteckningar efter Torbern Bergmans föreläsningar 1782», *Lychnos*, 1959, 161-208.

- Gálvez Cañero, A., «Apuntes biográficos de D. Fausto de Elhuyar y de Zubice», Aparte del tomo LIII del Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, Gráficas Reunidas, S. A., Madrid, 1933.
- Gálvez Cañero, A., «El primer centenario de Don Fausto Delhuyar», *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 1933, 31, 117.
- Gran Enciclopedia Larousse, 1ª edición, Editorial Planeta, S. A., Barcelona, 1990, Tomo 2, pág. 1318.
- Gran Enciclopedia Larousse, 1ª edición, Editorial Planeta, S. A., Barcelona, 1990, Tomo 12, pág. 11579.
- Laborde, M., «Exposición y comentario técnico sobre la memoria presentada por los hermanos Elhuyar con motivo de su descubrimiento del metal tungsteno o wolframio», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos D'Elhuyar, Gobierno Vasco y Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, San Sebastián y Bergara, 1983.
- Luyart, J. J. de y Luyart, F. de, «Análisis químico del wolfram, y exàmen de un nuevo metal, que entra en su composicion» *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vitoria, septiembre 1783, págs. 46–88.
- Martínez, J., «Los hermanos Elhuyar», I Seminario de Historia de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Bicentenario de la Muerte del Conde Peñafloreda, Gráficas Izarra, San Sebastián, 1986.
- Moles, E., «Elhuyar, químico. Primer centenario de Don Fausto de Elhuyar», *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 1933, 31, 128.
- Moström, B., «Torbern Bergman: A Bibliography of his works», Almqvist & Wiksell, Estocolmo, 1957.
- Nordenskiöld, A. E., «Carl Wilhelm Scheele. Bref och anteckningar», Estocolmo, 1982.
- Palacios, J., «Dos cartas inéditas de Juan José y Fausto Delhuyar», *Ltull*, 1992, 27, 651.
- Palacios, J., «Los Delhuyar», Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, Gobierno de La Rioja, Logroño, 1993.
- Palacios, J., «Epistolario de Juan José y Fausto Delhuyar: 1777 a 1821. En el 200 aniversario de la muerte de Juan José Delhuyar (20-9-1796)», Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, Gobierno de La Rioja, Logroño, 1996.
- Pellón, I. y Gago, R., *Historia de las Cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*, Bergarako Udala / Ayuntamiento de Bergara, Bergara, Gipuzkoa, 1994.
- Pellón, I. y Román, P., *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, ciencia y tecnología en Bergara (1777–1783)*, Editada por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Comisión de Bizkaia, Bilbao, 1999.
- Pérez-Bustamante, J. A., «Highlights of Spanish chemistry at the time of the chemical revolution of the 18th century», *Fresenius J. Anal. Chem.*, 1990, 337, 225.
- Román, P., «T. O. Bergman (1735–1784): Precursor del aislamiento del wolframio», *XX Reunión Bional de la Real Sociedad Española de Química*, Castellón de la Plana, 1984, Comunicación 3–37.
- Román, P., «El aislamiento del wolframio por los hermanos Elhuyar (1783–1983)», *Afinidad*, 1984, 41, 11.
- Román, P., «Comentario sobre los Apuntes de Juan José D'Elhuyar tomados del profesor Torbern Olof Bergman en 1782 durante su estancia en la Universidad de Upsala (Suecia)», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Año XLIII, Cuadernos 1-2-3-4, San Sebastián–Donostia, 1987, págs. 137–209.

- Román, P., «Los elementos químicos, su descubrimiento y la Bascongada», *Nuevos Extractos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Bilbao, 1996, págs. 11–49.
- Rydén, S., *D. Juan José de Elhuyar en Suecia (1781–1782) y el descubrimiento del tungsteno*, 2ª edición, Insula, Madrid, 1963.
- Silván, L., «Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII», 2ª edición, Imprenta de la Diputación Provincial, San Sebastián, 1977.
- Silván, L., «Noticia biográfica de Don Fausto de Elhuyar y Lubice», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Cuadernos 1º y 2º, San Sebastián, 1977.
- Silván, L., «Noticias y comentarios sobre el aislamiento del wolframio», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos D'Elhuyar, Gobierno Vasco y Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, San Sebastián y Bergara, 1983.
- Silván, L., «Los Elhuyar y La Rioja», Bicentenario del wolframio 1783–1983. Homenaje a los hermanos D'Elhuyar, Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 1983.
- Schufle, J. A., *Torbern Bergman, a man before his time*, Coronado Press Inc., Lawrence, Kansas, USA, 1985.
- Smeaton, W. A., «Torbern Olof Bergman», En *Dictionary of Scientific Biography*, Gillispie, C. C., editor, Charles Scribner's Sons, New York, 1985, vol. 3, págs. 4–8.
- Weeks, M. E., «The Scientific Contribution of the de Elhuyar Brothers», *J. Chem. Educ.*, 1943, 2, 413.
- Weeks, M. E., *Discovery of the Elements*, 1ª edición, aumentada y revisada, 2ª impresión, Journal of the Chemical Education, Easton, 1948.
- Weeks, M. E., *Descubrimientos y conquistas de la Química*, 2ª edición, aumentada y revisada, 2ª impresión, Manuel Marín y Cía., Barcelona, 1954.
- Whitaker, M. E., «The Elhuyar Mining Missions and the Enlightenment», *Hispanic-American Review*, 1951, 31, 557.

# CIENCIA, TECNOLOGÍA Y ESPIONAJE EN LA BASCONGADA

Inés Pellón González<sup>a</sup> y Pascual Román Polo<sup>b</sup>\*

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Escuela Superior de la Marina Civil de Bilbao, Universidad del País Vasco, María Díaz de Haro, 68, E-48920, Portugalete.

<sup>b</sup> Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco, Apartado 644, E-48080, Bilbao.

*Conferencia pronunciada en Primeros Encuentros sobre Historia del siglo XVIII  
«La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en la Ilustración»  
en Vitoria-Gasteiz el día 15 de abril de 1999.*

Corregida y revisada.

## ÍNDICE

1. Europa y la Ilustración.
2. Las ideas de la Ilustración en ciencia y tecnología.
3. La Bascongada. Los Extractos de las Juntas Generales.
4. Ciencia y tecnología en la Bascongada.
5. Espionaje científico-militar en la Bascongada.
6. El aislamiento del wolframio en Bergara.
7. Conclusiones.
8. Fuentes.
9. Bibliografía.

---

\* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: qipropop@lg.ehu.es

## 1. Europa y la Ilustración

A caballo entre los siglos XVII y XVIII, Europa asistió al nacimiento de un movimiento intelectual y cultural sin precedentes conocido como la Ilustración, por su declarada finalidad de disipar las tinieblas de la humanidad mediante las luces de la razón. La Ilustración (*Lumières*, en francés; *Enlightenment*, en inglés; *Illuminismo*, en italiano; *Aufklärung*, en alemán) se inició en Gran Bretaña, se extendió por el continente europeo y alcanzó a las colonias de ultramar vinculadas a las monarquías europeas. Aunque estuvo centrado principalmente entre 1715 y 1789, su influencia duró casi un siglo, al apagarse en las postrimerías del siglo XVIII. La palabra Ilustración proviene de ilustrar (del latín, *illustrare*) que significa *dar luz al entendimiento, instruir, civilizar*. Este fenómeno cultural irrumpió con tal fuerza que sacudió los cimientos ideológicos de la sociedad en todos los campos del saber. Las ideas relacionadas con Dios, la razón, la naturaleza y el hombre fueron sintetizadas en una visión universal que ganó amplio consenso y que instigó el desarrollo revolucionario del arte, la ciencia, la filosofía y la política. Las ideas centrales de la Ilustración fueron el uso y la exaltación de la razón, el poder con el que el ser humano es capaz de comprender el universo y mejorar su propia condición, ya que los principales objetivos del hombre racional son el conocimiento, la libertad y la felicidad.

La Ilustración cuestionó todos los campos del saber, que fueron sometidos a una profunda revisión, en un deseo de llegar a conocer las causas últimas de las cosas. Uno de sus más importantes representantes, D'Alembert, afirmaba que «La Ilustración lo discutió, analizó y agitó todo, desde las ciencias profanas a los fundamentos de la revelación, desde la metafísica a las materias del gusto, desde la música hasta la moral, desde las disputas escolásticas de los teólogos hasta los objetos del comercio, desde los derechos de los príncipes a los de los pueblos, desde la ley natural hasta las leyes arbitrarias de las naciones; en una palabra, desde las cuestiones que más nos atañen a las que nos interesan más débilmente».

El edificio intelectual y político de la cristiandad del que se impregnó la Europa de la Edad Media, sucumbió a los ataques del humanismo renacentista y a la reforma protestante. El humanismo alimentó la ciencia experimental de Francis Bacon, Nicolaus Copérnico y Galileo Galilei, así como el rigor matemático de René Descartes, Gottfried Wilhelm Leibniz e Isaac Newton. El Renacimiento redescubrió gran parte de la cultura clásica y revivió la noción del hombre como una fuerza creadora, mientras la Reforma, más directamente pero a largo plazo no menos efectiva, desafió la autoridad monolítica de la Iglesia Católica. Tanto para Lutero como para

Bacon o Descartes, el camino para alcanzar la verdad se hallaba en la correcta aplicación de la razón humana.

Ya se ha referido antes que el punto de partida del movimiento ilustrado fue la Gran Bretaña, donde se dieron algunos de los rasgos esenciales antes que en ningún otro lugar, y pronto se estableció con gran ímpetu en Francia, gracias a la anglofilia difundida por Voltaire. En este segundo país produjo su cuerpo ideológico —el enciclopedismo—, y aquí nacieron sus más representativas personalidades —Buffon, D'Alembert, Diderot, Montesquieu y Rousseau, entre otros—. También arraigó en otras zonas europeas —Dinamarca, el conglomerado germánico, las penínsulas ibérica e italiana, Noruega, Países Bajos, Polonia, Rusia y Suecia—, o en las colonias americanas de dichas naciones, en ocasiones más o menos autónomamente, pero en la mayoría de los casos dependientes de Gran Bretaña y, sobre todo, de Francia. Sus frutos estuvieron condicionados en el momento de su lanzamiento por la nueva ideología y por el proceso interno seguido a lo largo de su desarrollo en cada país. Así, en España, la profunda decadencia en que se encontraba el país retardó y obstaculizó su posterior eclosión. A pesar de ello, la actuación del poder político y el auge económico de algunas de sus regiones —especialmente Cataluña— facilitaron la aparición de un nutrido y valioso grupo de ilustrados: Altuna, Arteaga, Azara, Cadalso, Campomanes, Capmany, Caresmar, Cavanilles, Delhuyar (Juan José y Fausto), Feijoo, Finestres, Foronda, Hervás, Jorge Juan, Jovellanos, Mayáns, Meléndez Valdés, Montehermoso, Narros, Olabide, Peñafloreda, Samaniego y Villahermosa, entre otros. Su actuación se vio condicionada por el arraigo y la preponderancia del pensamiento teológico tradicional, que tuvo como brazo ejecutor a los tribunales de la Inquisición, de cuya atenta mirada no se escaparon ni siquiera los miembros de la nobleza, como el propio Marqués de Narros<sup>1</sup>.

La Ilustración se halla socialmente inscrita en el ámbito de la burguesía ascendente, pero sus animadores no fueron ni todas las capas burguesas, ni solamente éstas. Tuvo sus detractores en algunos sectores de la alta burguesía comercial —principalmente, los mercaderes de esclavos—, algunos cortesanos y elementos del bajo clero. Los medios de que se valió la Ilustración para su difusión fueron varios: las sociedades de pensamiento específicas de la época, como los Amigos del País en España, las Academias, los salones, y las sociedades secretas como la masonería. En la difusión de sus ideas también alcanzaron una gran importancia otros medios de divulgación como la prensa periódica, las revistas científicas y la internacionalización de las publicaciones.

---

<sup>1</sup> Más información sobre este tema en Urquijo, 1926.

La Ilustración sucumbió víctima de sus propios excesos. La exaltación de la razón abstracta produjo una gran contrariedad en los espíritus que empezaron a explorar el mundo de las sensaciones y las emociones en el movimiento cultural denominado Romanticismo. El Reinado del Terror que siguió a la Revolución Francesa dio al traste con la creencia de que el hombre podía gobernarse a sí mismo. Sin embargo, el gran optimismo que marcó gran parte del pensamiento de la Ilustración perduró como uno de los movimientos que dejó uno de los más ricos legados en la historia de la humanidad.

## 2. Las ideas de la Ilustración en ciencia y tecnología

Filosóficamente, la Ilustración abandona el pensamiento metafísico y acude al método analítico e inductivo, tratando de conciliar lo positivo y racional mediante la medida precisa y la experimentación. El siglo de las luces es un gran siglo científico que partió de las ideas de Newton y del matematicismo, y centró su interés en las ciencias de la vida y la naturaleza, la física y la química, en las que, a través de la experimentación se llega a un materialismo vitalista. Paralelamente, se produce un enorme interés por el desarrollo tecnológico que alcanza la agricultura, las construcciones civiles y militares, la ganadería, las ingenierías, la mecánica, la metalurgia y la minería, y que dará como resultado la puesta a punto y la difusión a gran escala de procedimientos y máquinas apropiadas para una nueva y revolucionaria fase económica.

El éxito de Newton, al representar en unas pocas ecuaciones matemáticas las leyes que rigen el movimiento de los planetas, confirió gran ímpetu a la creciente fe en la capacidad del hombre para alcanzar el conocimiento de los fenómenos que le rodeaban. Al mismo tiempo, la idea de un universo como un mecanismo gobernado por unas leyes sencillas tuvo un efecto subversivo en los conceptos de Dios y la salvación individual que eran las ideas centrales de la cristiandad.

El vehículo fundamental para difundir las ideas de la Ilustración fue sin duda la Enciclopedia<sup>2</sup> o Diccionario razonado de las ciencias, las artes y los oficios de Diderot y D'Alembert (1751-1772). Los mejores expertos en cada disciplina prestaron su colaboración a esta gran obra de 17 volúmenes de texto (1765) y 11 volúmenes de grabados (1772) financiada por más de 4000 suscriptores. Por citar a algunos de los más prestigiosos colaboradores, mencionaremos a Diderot y D'Alembert, que además de ser sus editores,

<sup>2</sup> Diderot, D. / D'Alembert, J. le R. *Encyclopédie...*, 1751-1772.

escribieron algunos de sus artículos; Daubenton y La Condamine (ciencias naturales y geografía), Marmontel (crítica literaria), Quesnay y Turgot (economía), Rousseau (economía política), Voltaire (elocuencia, espíritu, elegancia), Falconet (escultura), Dusarmais (gramática), Montesquieu (gusto), Duclos (historia), Diderot (historia de la filosofía), D'Alembert (matemáticas), Barthez, Borden y Venel (medicina), Yvon (metafísica), Buffon (naturaleza), Holbach y Rouelle (química), y Morellet (teología). Por vez primera en la época se prestaba especial atención a las ciencias aplicadas y a los oficios en numerosísimos grabados y minuciosas descripciones técnicas —debidos en especial a Diderot, el dibujante Groussier y artesanos especialistas—, que constituyeron una gran innovación. Esta monumental obra apareció con gran dificultad debido a la censura religiosa y política, así como a las disputas ideológicas entre los colaboradores —la más famosa, sin duda, la protagonizaron Diderot y Rousseau—. Incluso durante algún tiempo se tuvo que publicar clandestinamente.

La Enciclopedia ha pasado a la historia porque ha sido un instrumento fundamental de lucha ideológica y expresión de la actitud intelectual de los llamados «filósofos» del siglo XVIII. No fue el fruto de una moda, sino que respondió a la necesidad constante del mundo científico moderno. El enciclopedismo fue la ideología de una fracción de la burguesía francesa del Antiguo Régimen, compuesta por administradores, artistas, científicos, comerciantes, industriales y técnicos, que estaban fuertemente introducidos en el sistema y que fueron capaces de plantear las bases de la revolución industrial.

En España se difundieron las ideas de la Ilustración a través de un vehículo específico: las Sociedades Económicas de Amigos del País, organismos no estatales surgidos en la segunda mitad del siglo XVIII con el fin de promover el desarrollo —especialmente el económico— del país, en cada una de las regiones objeto de su actuación. Inicialmente estuvieron relacionadas con los más altos círculos culturales e intelectuales, pero pronto adquirieron sus características propias en íntima conexión con el despotismo ilustrado. Este fue el caso de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, entidad pionera en la península.

El ejemplo de la Bascongada, que fue fundada en 1764, interesó pronto a los gobernantes y a los teóricos reformistas, quienes, inspirándose a la vez en sociedades paralelas extranjeras como las de Berna y Dublín, propugnaron su extensión. Entre 1773–1774 inició su creación una entidad similar en Tudela (Navarra) y Baza. Por entonces, Campomanes editó su *Discurso sobre el fomento de la industria popular*, cuyos 30 000 ejemplares mandó distribuir oficialmente por todo el país junto con una circular fechada el 18 de noviembre de 1774, en la que instaba a crear sociedades de

este tipo. La iniciativa tuvo una respuesta inmediata, de forma que en 1775 solicitaron su creación las sociedades de Sevilla, Madrid, Granada, Cantabria y Vera. La Matritense obtuvo el permiso para organizarse en una semana, a los tres meses contaba con 87 socios y el 9 de noviembre de 1775 se aprobaron sus estatutos. Desde esta fecha y hasta 1808 solicitaron el permiso de creación otras 89 sociedades —71 de ellas antes de 1791— y se pusieron realmente en funcionamiento 69 entre 1776 y 1790. Sin embargo, sólo 17 tuvieron una actividad considerable; de entre ellas cabe destacar por sus actividades además de la Bascongada y la Matritense, las de Sevilla, Zaragoza, Valencia, Segovia y Palma de Mallorca. La distribución geográfica por el territorio español fue muy irregular. No existieron sociedades económicas en importantes núcleos burgueses activos como Barcelona, Bilbao, Cádiz, o La Coruña, puesto que otras instituciones, como las juntas de comercio o consulados, ejercían en ellas una actividad mucho más eficaz en defensa de sus intereses.

Las sociedades económicas se preocuparon por los problemas agrarios, y se ocuparon de temas tan dispares como las roturaciones y regadíos o como el control del mercado. También estudiaron la aplicación de nuevos métodos de cultivo, y los sistemas de selección de semillas y difusión de abonos; crearon escuelas especializadas y bajo sus auspicios se desarrolló un gran interés por la botánica. En el campo industrial cabe destacar su preocupación por el ramo textil —introducción de maquinaria, creación de fábricas— y por la fundación de las denominadas «Escuelas industriales», en las que se enseñaba especialmente dibujo, hilatura, mecánica y tejido. La economía política fue otro de los aspectos que preocupó a los Amigos del País; así, la Sociedad Aragonesa creó la primera cátedra de esta materia en España mientras se introducían las teorías de la fisiocracia y de Adam Smith. Apareció un marcado interés por la estadística, como muestran algunos trabajos, particularmente a través de la Segoviana. Es digna de mención la labor que realizaron en el campo de la beneficencia con la creación de casas de misericordia, hospicios, hospitales y montepíos. Pero esta encomiable labor se encontró con numerosas dificultades; aparte de las propias disputas internas, frente a los ideales innovadores aparecieron importantes núcleos reactivos, sobre todo en los estamentos oficiales, como los ayuntamientos, el clero local, las oligarquías económicas, los tribunales y las universidades, que estaban inmersas en el más rígido de los escolasticismos<sup>3</sup>. En Hispanoamérica, este tipo de sociedades económicas surgió algo más tarde, y fue uno de los focos de la insurrección independentista —las de Mompox, Lima, Veracruz y Santiago

<sup>3</sup> Este aspecto de la ilustración española puede ampliarse en Gago, 1988.

de Cuba aparecieron en la década de los ochenta; las de Quito, La Habana y Guatemala en la de los noventa, y en 1801 la de Bogotá—.

### 3. La Bascongada. Los Extractos de las Juntas Generales

La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (RSBAP) nació del grupo de *caballeritos de Azkoitia*, o *triumvirato de Azkoitia*, nombre con el que el jesuita padre José Francisco Isla denominó a los tres caballeros de esta localidad guipuzcoana en la que fundaron la Academia de tipo ilustrado (1748) de la que más tarde surgiría la Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Eran Xavier María de Munibe e Idiaquez, octavo Conde de Peñafiorida, en cuya casa se estableció la Academia; Joaquín María de Eguía y Aguirre, Marqués de Narros; y Manuel Ignacio de Altuna, amigo y corresponsal de Rousseau, que murió antes de la fundación de la Bascongada. El Marqués de Narros relata que la Academia celebraba sesiones diariamente, según el siguiente programa<sup>4</sup>: «Por medio de unos reglamentos sencillos se habían fijado la hora y el paraje a la concurrencia, su duración y distribución de tiempo. Las noches de los lunes se hablaba solamente de matemáticas; los martes de física; [los] miércoles se leía historia, y traducciones de los Académicos tertulianos; los jueves una música pequeña, o un concierto bastante bien ordenado; los viernes, geografía; [los] sábados[s], conversación sobre los asuntos del tiempo; [los] domingo[s], música.»

En 1763, y ante la situación de crisis que atravesaba el país, el Conde de Peñafiorida presentó<sup>5</sup> «un plan completo de agricultura o economía rústica, que presentó a la provincia de Guipúzcoa congregada en sus Juntas generales en la Villa de Villa Franca. Aprobó la Provincia, y admiró esta obra; dio [las] gracias a su autor; pero la resistencia que siempre encuentran las grandes novedades, no permitió que se pusiesen en práctica los saludables pensamientos de nuestro célebre compatriota. Vio frustrado su proyecto; no le gustó, pero no desmayó, antes bien crecía su ardor patriótico a proporción de los obstáculos que encontraba».

La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País se fundó en Azkoitia el 24 de diciembre de 1764, en 1765 se aprobaron los estatutos de la Sociedad, que merecieron la sanción real el 10 de agosto de 1773 «con el objeto de cultivar las ciencias y artes, promover la industria, y mejorar la educación»<sup>6</sup> (Tabla 1).

<sup>4</sup> Eguía, 1785.

<sup>5</sup> *Ibid.*

<sup>6</sup> Ensayo, 1768.

La Bascongada fue concebida como una Sociedad en la que participaran las provincias de Álava, Bizkaia y Gipuzkoa, unidas bajo el lema *Irurac Bat* (*tres que hacen una*, en castellano) las tres manos enlazadas que representan las provincias de Álava, Bizkaia y Gipuzkoa, según el texto fundacional y que algunos interpretaron como una señal con referencias masónicas<sup>7</sup>. En los 39 artículos de los Estatutos de la Sociedad Bascongada de 1765 se definen su objeto, organización y estructura. En el artículo 1 se establecen con claridad sus fines: «El objeto de esta Sociedad es el de cultivar la inclinación, y el gusto de la nación Bascongada hacia las Ciencias, bellas letras, y Artes, corregir y pulir las costumbres, desterrar el ocio, la ignorancia y sus funestas consecuencias; y estrechar más la unión de las tres provincias Bascongadas de Álava, Vizcaya y Guipúzcoa». Para su consecución los socios dividieron sus actividades en cuatro comisiones: agricultura y economía rústica; ciencias y artes útiles; industria y comercio; e historia, política y buenas letras, lo que ya de por sí muestra cuáles eran los intereses de estos adelantados de la Ilustración española. Entre los miembros de la Bascongada figuraron algunos de los más importantes reformistas de la época —Altuna, Azara, Delhuyar (Juan José y Fausto), Foronda, Meléndez Valdés, Montehermoso, Narros, Olabide, Peñaflorida, Samaniego y Villahermosa— y notorios científicos extranjeros. Entre sus principales preocupaciones se encontraba la educación de la juventud, para lo cual mandaron al extranjero a hijos de algunos socios y becaron a varios jóvenes con la idea de que se reincorporan a su regreso en el Real Seminario Patriótico Bascongado después de su formación científica en los centros más prestigiosos de Europa. También crearon una importante biblioteca en la que figuraban las obras más modernas —entre ellas, la Enciclopedia de Diderot y D'Alembert—, y fundaron el Real Seminario Patriótico Bascongado, el *Laboratorium Chemicum*, el Gabinete mineralógico y la Real Escuela Metalúrgica de Bergara. En ellos se enseñaban algunas materias clásicas junto con lenguas vivas, geografía, matemáticas, metalurgia, mineralogía, física y química. Este centro docente suministraba a sus alumnos la preparación básica que necesitarían para continuar sus estudios de Cánones, Medicina, Teología, etcétera<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Sobre la pertenencia a la masonería de alguno de los miembros de la Bascongada consultar Gago/Pellón, 1994, y Silván, 1953.

<sup>8</sup> Los aspectos docentes del Seminario quedan perfectamente reflejados en Recarte, 1990.

Tabla 1.

### La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (1729–1785)

- 1729 • Xavier María de Munibe e Idiáquez, octavo Conde de Peñaflorida, nace en Azkoitia el 23 de octubre.
- 1764 • El Conde de Peñaflorida junto con un grupo de caballeros ilustrados vascos fundan la Bascongada el 24 de diciembre en la villa de Azkoitia.
- 1765 • El Rey Carlos III aprueba el Reglamento para los Alumnos de la Bascongada el 12 de agosto.
- 1771 • Aparece publicado el primer volumen de los *Extractos de las Juntas Generales* (Vitoria, septiembre).
- 1773 • El Rey Carlos III aprueba los Estatutos de la Bascongada para el gobierno de la Sociedad el 10 de agosto.
- 1776 • Se inaugura el Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara el 4 de noviembre.
- 1777 • Se crean las cátedras de Química y Metalurgia, y Mineralogía el 15 de septiembre.
  - Juan José y Fausto Delhuyar regresan de París e ingresan en la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.
  - Ignacio de Montalbo y Juan José Delhuyar son contratados por la Bascongada para espigar el proceso de fabricar los cañones de la Marina en Carron (Escocia).
- 1778 • Se crea el *Laboratorium Chemicum* asociado al Real Seminario Patriótico Bascongado.
  - Ignacio de Montalbo y Juan José Delhuyar salen hacia sus respectivos destinos.
  - François Chabaneau comienza en Bergara las clases de Física el 4 de noviembre.
- 1779 • Joseph-Louis Proust imparte la primera clase de Química en Bergara el 20 de mayo.
- 1777 • Juan José y Fausto Delhuyar regresan de París e ingresan en la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.

- 1781 • Fausto Delhuyar regresa a Bergara en el mes de octubre reclamado por la Bascongada. Juan José emprende viaje en solitario a Suecia.
  - Fausto Delhuyar imparte la primera clase de Mineralogía en Bergara el 5 de noviembre.
  - 1782 • François Chabaneau consigue hacer maleable el platino.
  - 1783 • Fallece el Marqués González de Castejón el 19 de marzo. Le sucede en el Ministerio de Marina, Antonio Valdés y Bazán.
  - Juan José y Fausto Delhuyar se encuentran en Bergara en mayo o junio.
  - Los hermanos Delhuyar presentan el trabajo científico sobre el aislamiento del wolframio en las Juntas Generales de la Bascongada celebradas en Vitoria el 28 de septiembre.
  - Juan José Delhuyar es nombrado Director General de Minas de Nueva Granada (hoy Colombia) el 15 de diciembre.
  - 1785 • Xavier María de Munibe e Idiáquez fallece en Bergara el 13 de enero.
-

La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País necesitaba una publicación que fuera la difusora de sus ideas, y para ello fundó la que se considera su órgano de expresión: Los *Extractos de las Juntas Generales* celebradas por la Sociedad entre 1771 y 1793, que recogieron varias informaciones de gran interés para los socios y los no socios. Las Juntas Generales se celebraban en los meses de julio (7), agosto (8) y septiembre (9), alternativamente en Vitoria [1771 (9), 1774 (9), 1777 (7), 1780 (9), 1783 (9), 1786 (7), 1789 (8), 1792 (7)], Bilbao [1772 (9), 1775 (9), 1778 (9), 1781 (9), 1784 (9), 1787 (7), 1790 (7), 1793 (7)] y Bergara [1773 (9), 1776 (9), 1779 (9), 1782 (9), 1785 (7), 1788 (7), 1791 (7)], y en ellas se trataban todo tipo de temas. Los *Extractos* estaban estructurados en diversas Secciones, donde se daban avisos, incidencias anuales entre Juntas, estado de las cuentas, etc. En la Sección Segunda se mostraban los trabajos científicos o técnicos de gran interés, subdivididos en cuatro Comisiones, que a su vez se dividían en diversos Artículos, organizados en diferentes Números, dependiendo de cada Comisión y de las colaboraciones de los Socios (Tabla 2).

La *Sección Primera* recogía los Progresos y Estado de la Sociedad, el Diario de las Juntas, Junta General y Junta General Pública; la *Sección Segunda* incluía un Resumen de las Noticias y a su vez contenía: las *Comisiones Primeras* o de Agricultura y Economía Rústica; las *Comisiones Segundas* o de Ciencias y Artes Útiles; las *Comisiones Terceras* o de Industria y Comercio; las *Comisiones Cuartas* o de Historia, Política y Buenas Letras; la *Sección Tercera*: comprendía los Acuerdos en Fomento y de las Comisiones Segundas, Terceras y Cuartas, la lista de los libros depositados en su biblioteca y un listado de los efectos donados a la Sociedad por Amigos y benefactores. También mostraba el catálogo de Socios y su actualización periódica con la incorporación de los nuevos Amigos y los fallecidos. En esta Sección aparecían reflejados algunos proyectos muy importantes como el plan de creación de un Escuela Patriótica en 1775; asimismo, se incorporaban otros asuntos y curiosidades que no tenían cabida en las otras Secciones.

Tabla 2.

## Organización de los Extractos de las Juntas Generales de la RSBAP

EXTRACTOS		
SECCIÓN PRIMERA	SECCIÓN SEGUNDA	SECCIÓN TERCERA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progresos de la Sociedad</li> <li>• Estado de la Sociedad</li> <li>• Diarios de Juntas</li> <li>• Junta General</li> <li>• Junta General Pública</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen de las noticias</li> <li>• <i>Comisiones Primeras</i> Agricultura y Economía Rústica</li> <li>• <i>Comisiones Segundas</i> Ciencias y Artes Útiles</li> <li>• <i>Comisiones Terceras</i> Industria y Comercio</li> <li>• <i>Comisiones Cuartas</i> Historia, Política y Bellas Letras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acuerdos de Fomento</li> <li>• Acuerdos de las Comisiones Segundas, Terceras y Cuartas</li> <li>• Lista de Libros y Efectos</li> <li>• Catálogo de Socios</li> <li>• Proyectos Escuela Patriótica (1775)</li> <li>• Curiosidades</li> </ul>

A su vez, las distintas Comisiones se subdividían en Artículos; la Primera en Granos (I), Pastos (II), Plantación de árboles (III), Economía rústica (IV); la Segunda en: Metalurgia (I), Mineralogía (II), Maquinaria (III), Salud pública (IV), Observaciones físicas (V), Música (VI); la Tercera en: Pesca (I), Manufacturas (II), Teórica del comercio (III); y la Cuarta en: Enseñanza o Institución (I), Historia nacional (II), Miscelánea (III), por citar una de las posibles clasificaciones de los *Extractos*. La Bascongada también fomentó el trabajo bien hecho, y para ello instituyó una medalla con la inscripción *Lan Onari*, rodeada de unas ramas de laurel con la que premió a los maestros y discípulos que se distinguían por su labor docente y discente. En la Tabla 3 se recoge una clasificación no exhaustiva de las diferentes materias que fueron objeto de estudio por los distintos Socios.

Tabla 3.

División de las Comisiones en Artículos			
COMISIONES			
PRIMERAS	SEGUNDAS	TERCERAS	CUARTAS
Agricultura y Economía	Ciencias y Artes Útiles	Industria y Comercio	Historia, Política y Bellas Artes
• Granos	• Metalurgia	• Pesca	• Enseñanza o Institución
• Pastos	• Mineralogía y Química	• Manufacturas	• Historia Nacional
• Economía Rustica	• Arquitectura	• Artes Mecánicas	• Fomento de Escuelas
• Árboles	• Maquinaria	• Teórica del Comercio	• Lengua Bascongada (1775)
• Cría de Ganado	• Salud Pública	• Enseñanza Industrial	• Diccionario Bascongado (1772)
• Huertas	• Economía Rústica	• Botánica	• Premios
• Conocimiento de tierras	• Química	• Geografía	• Miscelánea
• La Rioja Alavesa	• Acero	• Observaciones Físicas	
• Instrumentos	• Barquines	• Navegación	
• Agricultura Teórica	• Música		
• Agricultura Práctica			

#### 4. Ciencia y tecnología en la Bascongada

El espíritu de la Ilustración europeo se ocupó de investigar los aspectos científicos que estaban más próximos a las grandes preguntas que se plantearon los hombres de ciencia del siglo XVIII. La Tabla 4 recoge en una lista ordenada alfabéticamente las áreas científicas que merecieron mayor atención de los «filósofos» de aquella época.

**Tabla 4.**

---

#### Áreas de la ciencia más destacadas en la época de la Ilustración

- Agricultura. Canales, regadíos y nuevos cultivos
  - Arquitectura. Estilos y tendencias
  - Botánica
  - Cartografía. Mapas y planos
  - Economía
  - Edafología
  - Dibujo
  - Farmacia
  - Física. Instrumentos científicos
  - Ganadería. Alimentación, pastos y nuevas razas
  - Geografía
  - Historia natural. Clasificaciones, colecciones y herbarios
  - Ingenierías. De la ingeniería militar a la civil
  - Lingüística
  - Matemáticas. Teorías y nuevos desarrollos
  - Medicina. Avances en técnicas quirúrgicas y tratamientos médicos
  - Metalurgia. Ferrerías y fundiciones. Nuevos metales
  - Mineralogía. Nuevas técnicas de localización y extracción
  - Náutica
  - Pedagogía
  - Química. Su nacimiento como ciencia
  - Salud pública
  - Teorías científicas. Desarrollo
  - Zoología
-

De igual modo se puede establecer una relación ordenada de las áreas de la tecnología que más interesaron a los científicos ilustrados. Como puede advertirse en la Tabla 5, algunas de estas actividades estuvieron ligadas a las monarquías y a los militares que las sustentaban, donde comenzaron a desarrollarse por la necesidad de mantener unos ejércitos de tierra y mar convenientemente armados y adiestrados para defender sus posesiones en el continente europeo y en ultramar. El control de la ciencia y la tecnología pasó de forma progresiva a la burguesía, que la aplicó al incipiente desarrollo industrial característico de finales del siglo XVIII.

**Tabla 5.**

---

### Áreas de la tecnología más importantes en la época de la Ilustración

- Aislamiento de nuevos elementos químicos
  - Aplicaciones militares
  - Construcción de cañones. Hierro y bronce
  - Construcción naval
  - Ingenierías. Caminos, canales y puertos
  - Instrumentos científicos. Precisión en las medidas
  - Laboratorios científicos
  - Localización y extracción de nuevos minerales
  - Obtención de metales y aleaciones. Ferrerías y fundiciones
  - Maquinaria
  - Viajes marítimos
- 

Puede considerarse que los *Extractos* fue una de las primeras revistas científicas aparecidas en la península ibérica, aunque incluía otras secciones de carácter informativo para el gobierno de la Sociedad. El contenido de la Sección Segunda de cada año bien podría ser considerado, hoy en día, como el compendio de una revista científica multidisciplinar, que abarcaba desde los aspectos más prácticos de la vida cotidiana o cuestiones de tipo lingüístico, hasta los más recientes avances técnicos. Es cierto que se ponía el acento en las materias de tipo práctico, aunque la Bascongada siempre tuvo una especial sensibilidad hacia la lengua autóctona, como puede apreciarse en la inquietud de sus socios por la extensión de su conocimiento y desarrollo. En este sentido

son muy importantes las tempranas contribuciones aparecidas en las Comisiones Cuartas sobre el Diccionario Bascongado (1772) y la Lengua Bascongada (1775). Ello no debe extrañar porque se trataba de una Sociedad de verdaderos hombres ilustrados que tenían interés por todos los aspectos del saber humano.

Los Socios de la Bascongada se entregaron a una labor investigadora sin precedentes en la historia del país. De las grandes áreas científicas y tecnológicas expuestas en las Tablas 4 y 5 abordaron una gran parte de ellas, considerando la escasez de medios con que contaban. Además de las aportaciones personales de los Socios —en bienes patrimoniales, dedicación y esfuerzo personal—, la Bascongada contó con la colaboración de benefactores y con la subvención de la Corona. Esta última fue decisiva para el desarrollo de proyectos como la contratación de profesores extranjeros, la dotación del laboratorio químico y el gabinete mineralógico, así como la creación de la Real Escuela Metalúrgica de Bergara, pionera en el estudio de la Física, la Metalurgia, la Mineralogía y la Química con un nivel comparable a los actuales planes de estudio en las Escuelas de Ingeniería de Minas y Metalurgia.

## 5. Espionaje científico–militar en la Bascongada

La colaboración entre la Bascongada y la Corona española se realizó a través de un meticuloso proyecto de espionaje organizado por el Ministro de Marina, Marqués González de Castejón, ilustre marino nacido en Tudela (Navarra). Su gran preocupación por la deficiente situación tecnológica por la que atravesaba la industria nacional de fabricación de cañones para la Marina de guerra, queda revelada en una carta secreta que dirige a su amigo el Capitán de Navío José Domingo de Mazarredo a finales de 1776 o principios de 1777<sup>9</sup>. El Ministro recurre a Mazarredo en busca de consejo para introducir dos espías «vizcaínos» en las fábricas de Artillería de Carron (Escocia), con la intención de copiar los métodos allí empleados, ya que la calidad de sus piezas era excepcional. Mazarredo, que era Amigo de Número de la Bascongada, responde en febrero de 1777<sup>10</sup>, enviando al marqués un detallado informe técnico sobre los posibles defectos que presentaba la fabricación de los cañones que surtían a la Armada. En dicha carta le explica los proyectos docentes de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del

<sup>9</sup> González de Castejón a Mazarredo, s.d., s.l. Archivo General de Simancas (AGS), Secretaría de Marina, legajo 718. Publicada en Palacios, 1993, y en Pellón/Román, 1999.

<sup>10</sup> Mazarredo a González de Castejón, 1777, febrero 26. Isla. AGS, *ibid.*

País, que tenía la intención de añadir al Seminario Patriótico una cátedra de Mineralogía y otra de Metalurgia. Para la primera proyectaba traer profesores de las minas de Freiberg (Sajonia), y para la segunda profesores de Suecia, pero estos planes no se habían materializado por el momento, debido a la falta de recursos económicos. Mazarredo también le sugiere al Ministro que el Conde de Peñafiorida, Director perpetuo de la Bascongada, es la persona idónea para el desarrollo del proyecto.

En la extensa y copiosa correspondencia mantenida por el Conde Peñafiorida y el Marqués de Narros con el Ministerio de Marina en el periodo 1777-1783 se muestra cómo se establecen dos planes; el primero tiene por finalidad introducir a dos «sujetos hábiles» —Ignacio de Montalbo y Juan José Delhuyar— en las fábricas de cañones para la marina de Carron; el segundo tiene como meta la creación de la Real Escuela Metalúrgica de Bergara, con el compromiso de contratar los mejores profesores de Física, Química y Metalurgia, y Mineralogía, junto con la dotación de un laboratorio químico y un gabinete mineralógico.

El navarro Ignacio de Montalbo, a la sazón socio profesor de la Bascongada en Bergara desde 1776, cambiaría su nombre por el de José Martínez, y se disfrazaría como sobrino de un cura de Morales de Toro, que se vio obligado a huir de España por haber matado a un hidalgo que lo encontró en amoríos con su hija. Después de un periodo de aprendizaje del inglés en Londres y de múltiples aventuras logró introducirse en las fábricas de Carron, a la espera de la llegada del segundo agente.

Juan José Delhuyar era «el espía científico» del plan, e inició en abril de 1778 un viaje de formación, acompañado por su hermano Fausto, que le condujo a la Escuela de Minas de Freiberg. Ambos adquirieron grandes conocimientos de Metalurgia, Mineralogía y Química, que concluyeron en octubre de 1781 para Fausto, cuando fue reclamado por la Bascongada para incorporarse a su cátedra de Mineralogía y Ciencias Subterráneas. Juan José, al no poder introducirse en Carron por hallarse en guerra Inglaterra contra la coalición franco-española del momento, dirigió sus miras hacia Suecia, y en la Universidad de Upsala siguió un curso de química con el célebre profesor sueco Torbern Olof Bergman. Una vez finalizado dicho curso se dedicó a visitar minas y explotaciones mineras de Suecia hasta julio de 1782, según el plan inicial trazado por el Conde de Peñafiorida y que disfraza en forma de un viaje de formación científica a los Amigos del País (Tabla 6). Además de estas instrucciones existen una instrucción secreta inicial a la que el Conde de Peñafiorida añadió un suplemento y la ostensible o pública para el propio Juan José. La que aquí aparece es una mezcla de las anteriores, de la que se han eliminado las cláusulas secretas de la misión de espionaje, destinada a los Amigos de la Bascongada.

Tabla 6.

### Instrucción pública para el socio Juan José Delhuyar destinada a los socios de la Bascongada.

*Instrucciones para el viaje por Europa del socio Juan José Delhuyar. Consta de doce cláusulas anónimas, las ocho primeras escritas por Peñaflorida, y las cuatro últimas por su amanuense habitual. Parecen una versión para los Socios de la Bascongada de las instrucciones enviadas a González de Castejón.*

A.- A.T.H.A., Prestamero. Caja 17, n° 16.1. 4 pp., 21 + 18 + 21 + 23 l., 18.5 x 14.0 cm.

Publicado por: Pellón / Román, 1999.

#### Instrucción para el socio D. José Luhiarte.

1

D. José Luhiarte procurará pasar con la posible brevedad a París, en donde se presentará a los amigos Porcel, Munibe y Eguía, que están informados de las miras que tiene la Sociedad en su viaje.

2

Tratará con aquellos consocios y de los sabios que puedan dar luces, del modo de hacer fructuosos sus viajes metalúrgicos.

3

De París se trasladará cuanto antes a Sajonia; primeramente a Dresde, con el fin de presentarse al Ministro de España, y luego al Instituto Metalúrgico de Freiberg.

4

En esta Universidad se presentará al famoso fundidor <metalurgista> Gellert, para quien llevará carta de recomendación; y procurará intimarse con él, a fin / (fol. 1v) [de] interesarle en sus progresos.

5

Se dedicará a estudiar fundamentalmente la Metalurgia, frecuentando cuanto pueda los hornos de fundición Electorales, y demás que estuviesen cerca.

6

Cuando se contemple suficientemente instruido, viajará por la Alemania, Suecia e Inglaterra, registrando las ferrerías y oficinas de fundición más famosas, y tomando razón de cuanto observase en cada parte.

7

Deberá escribir a lo menos una vez en cada seis meses, dando cuenta de sus progresos al director de la Sociedad, y consultando las especies que

le ocurran, singularmente en punto a sus viajes después de los estudios de Freiberg. / (fol. 2r)

8

Si los socios de París le diesen algunos puntos de instrucción relativos a su destino, los añadirá a estos ocho artículos.

9

Llevará a su viaje las obras de los «Viajes Metalúrgicos» de Gears<sup>11</sup>, y las «Memorias» de Mr. Grignon, como también muestras de las minas que se trabajan en el País, y de que hay ejemplares en el gabinete; tales son las de Somorrostro en Vizcaya, de Mondragón y Mutiloa en Guipúzcoa, la Blanca de Navarra, y las de Cabarzano y Pamanes en la Montaña<sup>12</sup>, de [las] que se hace uso en la Real Fábrica de La Cavada, como también pedazos de la fundición que se saca en dicha Real Fábrica, y tiene remitidos el amigo D. José Antonio de Horcasitas, comisionado ordenador residente en ella.

10

Todas las muestras dichas las mostrará en París a los sabios que le insinuasen los tres socios estudiantes, y con particularidad a los dos consocios, / (fol. 2v) Mr. Lecamous de Lynaire, director que ha sido de las minas de Guadalcanal, y a Mr. Grignon, autor de las «Memorias sobre el hierro» y de la de los barquines, premiada por la Sociedad en su Junta General del año de [17]70.

11

De resulta de la inspección hecha en París sobre dichas muestras, remitirá al director la calificación que se hiciese de ellas, cuidando de no confundir y equivocar los números que llevará cada muestra, en correspondencia de otras iguales que han de quedar en el gabinete.

12

En cuanto a la fundición de La Cavada, preguntará determinada-mente a Mr. Grignon si es de la especie que en sus Memorias llama Fundición Limaillosa, como parece de la correspondencia que se halla entre dicha muestra, y las señas con que define semejante fundición. Sobre todo, enviará una declaración de dicho sabio, en la cual se caracteriza esta fundición, expresando los defectos que se notasen en ella, como los modos para remediarlos.

<sup>11</sup> Quiere decir Jars. G. Jars (1732–1769) fue conocido por sus publicaciones sobre ingeniería de minas y metalurgia, aunque su obra más famosa (*Voyages Métallurgiques...*, Lyon-París, 4 vols., 1777–1781) vio la luz gracias a su hermano, también metalúrgico, quien la publicó después de haber fallecido su autor [Partington, vol. III, 1962, p. 101].

<sup>12</sup> Se refiere a las minas de Cabárceno y Pámanes en Cantabria.

A principios de 1783, el Ministro de Marina reclamó de la Bascongada el regreso de los dos espías, con lo que Juan José Delhuyar no pudo cumplir la parte final del plan de introducirse en las fábricas escocesas de Carron. De este plan de espionaje han quedado documentos de un gran valor histórico, como las instrucciones públicas de Ignacio de Montalbo y Juan José Delhuyar, y la instrucción secreta junto con un suplemento a esta instrucción —recientemente descubierta por Pellón y Román en el Archivo General de Simancas—. Además, en el Archivo Histórico del Territorio de Álava existe la copia para la Bascongada de la instrucción pública para Juan José Delhuyar, ampliada con algunas cláusulas de las especificadas en la instrucción secreta que se presenta en la Tabla 6. Los Socios de la Bascongada desconocían la verdadera naturaleza del plan de espionaje, ya que el Conde de Peñaforida y el Marqués de Narros, a instancias del Ministro de Marina, lo disfrazaron como un viaje de formación científica por los países más adelantados de Europa. Los dos espías fueron financiados por la Corona a través de la Bascongada y tenían la categoría de pensionados del Rey, mientras que Fausto Delhuyar fue pensionado de la Bascongada y el pago de sus gastos se hizo con una parte de la dotación de la cátedra de Mineralogía. Los fondos económicos para ambas misiones fueron generosamente allegados por el Ministerio de Marina, aunque con un gran retraso que produjo, en algunas ocasiones, una grave preocupación al Conde de Peñaforida y al Marqués de Narros durante los seis años que duró el proyecto.

## 6. El aislamiento del wolframio en Bergara

Los dos espías regresaron a España después de la muerte del Marqués González de Castejón, ocurrida el 19 de marzo de 1783, y fueron destinados a las fábricas de armas menores de Jimena (cerca de Cazalla de la Sierra) tras ser examinados por su director. Sin embargo, Juan José Delhuyar no se llegó a incorporar a ella, porque el 15 de diciembre de ese mismo año fue nombrado Director General de Minas del Reino de Nueva Granada (hoy Colombia), y tuvo que dirigirse a su nuevo destino.

Cuando se examinan con detenimiento los *Extractos* se descubren algunas contribuciones de gran valor científico en áreas como agricultura, educación pedagógica, ganadería, medicina, metalurgia, mineralogía y salud pública. De entre ellas, destaca por su indudable trascendencia para la historia de la ciencia la que aparece entre las páginas 46 y 88 de los *Extractos de las Juntas Generales* celebradas en Vitoria en septiembre de 1783. Se trata del artículo publicado por Juan José y Fausto Delhuyar titulado: «Análisis químico

del wolfram, y exàmen de un nuevo metal, que entra en su composicion». Además de su innegable belleza literaria, es posible que sea el mejor trabajo científico escrito en lengua castellana. En la Figura 1 se muestra la portada de los *Extractos* correspondiente a las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en la ciudad de Vitoria en septiembre de 1783, y en la Figura 2, la primera página del artículo original presentado por los Amigos Juan José y Fausto Delhuyar<sup>13</sup>.

Su trabajo se compone de trece capítulos. En los dos primeros, los hermanos Delhuyar realizan un estudio introductorio sobre la wolframita [(Fe, Mn)WO<sub>4</sub>], con un cuidadoso rigor científico cuando critican a insignes hombres de ciencia que habían analizado el mineral con anterioridad y refieren donde se encuentra en la naturaleza. A continuación describen las propiedades físicas y cristalográficas, así como la procedencia de las muestras. En los capítulos 3 y 4 analizan detalladamente la wolframita por vía seca, y en los capítulos 5 y 6 realizan un minucioso estudio en disolución del mineral de partida para obtener así la materia amarilla [trióxido de wolframio(VI), WO<sub>3</sub>] a partir de la cual aislarán el wolframio (Tabla 7). Juan José y Fausto estudian por vía seca y húmeda la materia amarilla en los capítulos 7 y 8 respectivamente. En el capítulo 9, sus cuidadosos análisis por vía seca y húmeda les permiten identificar la «sal blanca» [K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>], y en el capítulo 10 describen tres nuevos compuestos de gran importancia química [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>10</sub>[H<sub>2</sub>W<sub>12</sub>O<sub>42</sub>].10H<sub>2</sub>O y CaWO<sub>4</sub>]. Los dos hermanos alcanzan la gloria al obtener y describir de forma magistral —y con toda suerte de detalles— el ingenioso procedimiento para aislar el wolframio en el capítulo 11 (pág. 80), pero en ese mismo capítulo dan cuenta de dos nuevos compuestos; el primero obtenido por medio de reacciones fotoquímicas y termoquímicas, y el segundo al reaccionar la materia amarilla con azufre [WO<sub>x</sub>, (2 < x < 3); WS<sub>2</sub> / WS<sub>3</sub> de color azul oscuro].

El aislamiento del wolframio es una de las gestas científicas más importantes del último tercio del siglo XVIII, que ni siquiera estuvo al alcance de alguno de los grandes científicos de la época. El químico y farmacéutico alemán Martin Heinrich Klaproth, que aisló dos elementos químicos [Uranio (1789) y circonio (1789)] y dio nombre al titanio descubierto por William Gregor, reconoció humildemente en 1786, tres años más tarde del aislamiento del wolframio en Bergara por los hermanos Delhuyar, que «hasta el presente sólo Hr. Elhuyar ha tenido éxito en conseguir el metal.»

<sup>13</sup> Desde 1781 Juan José era socio Literato y Profesor, mientras que Fausto únicamente fue socio Profesor [Martínez, 1985].

EXTRACTOS  
DE LAS  
JUNTAS GENERALES  
CELEBRADAS  
POR LA  
REAL SOCIEDAD BASCONGADA  
DE LOS  
*AMIGOS DEL PAIS*  
EN LA CIUDAD DE VITORIA  
POR SETIEMBRE DE 1783.



CON LICENCIA.

EN VITORIA : Por Gregorio Marcos de Robles y Revilla,  
Impresor de la misma Real Sociedad.

Figura 1. Portada de los *Extractos* de las Juntas Generales celebradas por la Bascongada en la ciudad de Vitoria en el mes de septiembre de 1783

( 46 )

mente sus inconvenientes. Con las caxas de ensanche propuestas se logran todas las ventajas que se pueden desear para el mejor gobierno de las abejas. Deben desterrarse las colmenas hechas de troncos de árboles, que se amontonan unas sobre otras sin poderse manejar, y sin recurso á los medios que dexamos propuestos.

COMISIONES SEGUNDAS  
de Ciencias y Artes útiles.

NUMERO I.

*Analisis quimico del volfram, y examen de un nuevo metal, que entra en su composicion por D. Juan José y Don Fausto de Luyart de la Real Sociedad Bascongada.*

§. I.

---

**E**L volfram es una de las substancias singular-

Figura 2. Primera página de los *Extractos* donde aparece publicado el trabajo original de los hermanos Delhuyar

Los descubrimientos que avanza en el capítulo 12 sobre diez nuevas aleaciones de wolframio con diez elementos diferentes son más que suficiente para que hubieran pasado a la historia de la química. En este sentido hay que advertir que se adelantan más de 50 años al químico francés Berthier, a quien se le atribuye la primera aleación de wolframio por su trabajo publicado en los *Annales de Chimie et Physique* del año 1834. Otro tanto ocurre con el parawolframato de amonio  $[(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}]\cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ , que es el primer polioxometalato descrito en la historia de la química, aunque prestigiosos autores se empeñen en asignar este honor al químico sueco Berzelius cuando en 1826 presentó a la comunidad científica el compuesto «the yellow precipitate»<sup>14</sup> como  $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]\cdot \text{HNO}_3\cdot \text{aq}$ ; es decir, 43 años más tarde que el descrito por los hermanos Delhuyar.

El artículo finaliza con el capítulo 13, en el que los hermanos Delhuyar muestran las conclusiones generales y particulares referidas al nuevo metal, al que proponen se denomine «*volfram*» o «*volfran*», y razonan porqué ha de evitarse el nombre de *tungsto* o *tungsteno*.

En resumen, Juan José y Fausto Delhuyar aislaron por vez primera, además del wolframio en estado puro, 16 nuevos compuestos, la mayoría de ellos de gran interés químico y tecnológico (Tabla 8).

Sin embargo, lo más sorprendente es que todo este enorme trabajo científico se realizó en un breve periodo de tiempo, comprendido entre finales de mayo o principios de junio y los últimos días de septiembre de 1783, que es cuando lo presentaron en las Juntas Generales. Este hito histórico fue posible gracias a la concurrencia de varios factores decisivos. En primer lugar hay que resaltar el factor humano, basado en la gran capacidad y excelente preparación de Juan José en química metalúrgica por un lado, y en los grandes conocimientos de Fausto en mineralogía por otro, reencontrados en Bergara tras casi dos años de separación.

---

<sup>14</sup> Berzelius, 1826.

Tabla 7.

---

**Estructura del trabajo original de los hermanos Delhuyar****CAPÍTULO I**

- El mineral volfram: revisión bibliográfica y lugar donde se halla.

**CAPÍTULO II**

- El volfram: propiedades físicas y cristalográficas, origen de las muestras.

**CAPÍTULO III**

- Ensayos por vía seca del volfram. I.

**CAPÍTULO IV**

- Ensayos por vía seca del volfram. II.

**CAPÍTULO V**

- Ensayos por vía húmeda del volfram. I.

**CAPÍTULO VI**

- Ensayos por vía húmeda del volfram. II

**CAPÍTULO VII**

- Ensayos por vía seca de la materia amarilla.

**CAPÍTULO VIII**

- Ensayos por vía húmeda de la materia amarilla.

**CAPÍTULO IX**

- Ensayos por vía seca y húmeda para identificar a la «sal blanca» ( $K_2WO_4$ )

**CAPÍTULO X**

- Nuevos compuestos a partir de la materia amarilla.

**CAPÍTULO XI**

- Ensayos con la materia amarilla: Nuevos compuestos.
- Aislamiento del wolframio.
- Reacciones del polvo gris: Wolframio.

**CAPÍTULO XII**

- Nuevos ensayos de la materia amarilla: aleaciones.

**CAPÍTULO XIII**

- Conclusiones sobre el nuevo metal
  - Conclusiones generales
-

Tabla 8.

---

**Nuevos compuestos descubiertos por los hermanos  
Delhuyar durante el aislamiento del wolframio**

Capítulo	Compuesto
VI	$K_2WO_4$ sal blanca
X	$(NH_4)_2WO_4$ precipitado blanco
X	$(NH_4)_{10}[H_2W_{12}O_{42}] \cdot 10H_2O$ cristales aciculares, picantes y amargos
X	$CaWO_4$ piedra pesada sintética
XI	$WO_x$ ( $2 < x < 3$ ) azul de wolframio
XI	$WS_2$ / $WS_3$ azul oscuro
XI	W gris acero
XII	$W_xM_y$ ( $M = Au, Pt, Ag, Cu, Fe, Pb, Sn, Sb, Bi, Mn$ ) aleaciones

---

**Tabla 9.**

---

**Consecuencias más importantes de las ideas de la Ilustración en ciencia y tecnología en Europa****EUROPA**

- Abandono del pensamiento metafísico.
  - Aparición del método analítico y deductivo.
  - La Enciclopedia es el vehículo difusor de las ideas de la Ilustración.
  - La ciencia penetra en el pensamiento crítico.
  - Revolución en el pensamiento científico.
  - Creación y extensión de Sociedades científicas y Academias.
  - Aparición y difusión del pensamiento científico: las revistas.
  - Desarrollo de la ciencia y la técnica.
  - Aparición y desarrollo de los instrumentos científicos.
  - Creación de Escuelas de formación aplicadas, artes y oficios.
  - Los países que abrazan las ideas de la Ilustración logran un mayor desarrollo científico y tecnológico.
  - Para la mayoría de las ciencias experimentales se produce un cambio de tendencia significativo durante el siglo de las luces, que perdura hasta nuestros días.
- 

**Tabla 10.**

---

**Consecuencias más importantes de las ideas de la Ilustración en ciencia y tecnología en España y el País Vasco****ESPAÑA**

- Retraso económico, cultural y científico del país.
- Freno del progreso científico y crítico.

- La Bascongada es la Sociedad pionera de introducir las ideas científicas de la Ilustración en España.
- Unas pocas Sociedades científicas y Academias se suman a las ideas de la Ilustración.
- Aparición de las primeras revistas científicas.
- Desigual progreso de las ideas ilustradas en las regiones españolas.
- Escaso impacto de la revolución científica, salvo excepciones.
- Retardo en llegar las ideas de la Ilustración a las colonias de ultramar.
- Las ideas de la Ilustración catalizaron los movimientos independentistas.
- Las ciencias experimentales lograron un avance significativo que se detuvo durante el siglo XIX.

## PAÍS VASCO

- Retraso económico, cultural y científico del país.
  - Impulso del progreso económico, científico y crítico en la segunda mitad del siglo XVIII.
  - Creación de la primera Sociedad ilustrada: la Bascongada.
  - La Bascongada introduce la Ilustración en las colonias a través de sus Socios y Delegaciones.
  - Fundación de las primeras Escuelas de artes y oficios.
  - Aparición de una de las primeras revistas científicas: los *Extractos*.
  - Creación de la primera Escuela Metalúrgica en Bergara.
  - Dotación del primer laboratorio químico y gabinete de minerales.
  - Creación de las primeras cátedras de «Química y Metalurgia», y «Mineralogía».
  - Las ciencias experimentales lograron un avance muy importante que se vio frenado a finales del siglo XVIII.
  - La Bascongada dirigió y coordinó una operación de espionaje científico-militar (1777–1783).
  - Un elemento químico —el wolframio— es aislado por primera vez en Bergara (1783) por dos socios de la Bascongada.
-

En segundo lugar fue imprescindible la existencia de unos medios materiales excepcionales, como el laboratorio químico y el gabinete mineralógico con los que contaba la Bascongada, que fueron montados, entre otros, por algunos de los grandes científicos de la época, como Rouelle, Proust, Chabaneau o los mismos hermanos Delhuyar<sup>15</sup>. Es decir, en Bergara confluyeron en el verano de 1783 las mejores condiciones para que la Bascongada alcanzara la gloria científica que por derecho le pertenece. Los conocimientos científicos y técnicos de elevado nivel y la capacidad de trabajo de los Delhuyar, el laboratorio químico perfectamente dotado y el entusiasmo de los Amigos de la Bascongada con el Conde de Peñafiorida y el Marqués de Narros a la cabeza, hicieron posible que el único metal que se ha aislado en la península ibérica se lograra en Bergara. Posiblemente, nunca más vuelva a repetirse el aislamiento de un nuevo elemento químico en el sur de Europa, lo cual nos da una idea de la magnitud de esta gesta científica.

## 7. Conclusiones

Después de este recorrido por la Europa del siglo XVIII se pueden extraer una serie de conclusiones sobre la importancia que tuvieron las ideas de la Ilustración para el despegue de la ciencia y la tecnología en la historia de la humanidad. Por otro lado, se puede analizar el caso de España y del País Vasco, y obtener algunas comparaciones que se reflejan en las Tablas 9 y 10. En resumen, la Bascongada fue la institución pionera que se encargó de introducir en España las ideas de la Ilustración en ciencia y tecnología, contribuyendo decisivamente a su extensión en las colonias de ultramar a través de sus Socios y Delegaciones.

## 8. Fuentes

Berzelius, J. J., *Pogg. Ann.* 1826, 6, 369, 380.

Diderot, D. y D'Alembert, J. le R. *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Chez Briasson, Paris, 1751-1772. Edición facsímil de Franco M<sup>o</sup> Ricci, Milán, 1970. 17 vols. (Vol. 1 al 12, láminas, y vols. 13 a 17, textos).

Eguía, J. M. de: «Elogio de Don Xavier María de Munive Idiaquez, Conde de Peñafiorida» *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vergara, julio 1785, pp. 33-67.

<sup>15</sup> Según Anders Nicolaus Thunborg, profesor que sucedió a Fausto en la cátedra de Mineralogía a partir de 1788, el laboratorio de química de Bergara podía considerarse uno de los mejor dotados de Europa [Gago/Pellón, 1994]

- Ensayo, *Ensayo de la Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Año 1766. Dedicado al Rey N. Señor*. Thomas de Robles, Vitoria, 1768. Edición facsímil de la Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, San Sebastián, 1985.
- Luyart, J. J. de y Luyart, F. de, «Análisis químico del volfram, y exàmen de un nuevo metal, que entra en su composicion». *Extractos de las Juntas celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vitoria, septiembre 1783, pp. 46–88.

## 9. Bibliografía

- Aragón de La Cruz, F., «La investigación sobre el platino en la España del siglo XVIII». *IV Congreso de la Sociedad Española de Historia de la Ciencia*. Servicio de extensión de cultura y divulgación de la Diputación Provincial de Madrid. Madrid, 1980, tomo I, pp. 189–190.
- Barbudo Duarte, E., *Don José de Mazarredo Salazar Muñatones y Gortázar. Teniente General de la Real Armada*. Tall. Tip. Artegrafía, Madrid, 1945.
- Brock, W. H., *Historia de la Química*. Ciencia y Tecnología, Alianza Editorial. Madrid, 1998.
- Cantón, B., *Los forjadores de Euskal Herria, tomo II (Gizonak)*. Editorial Kriselu, Donostia, 1991.
- Encyclopædia Universalis, *Encyclopædia Universalis France S. A.*, París, 1985, Corpus 2, pp. 311–314; Corpus 6, pp. 1013–1018.
- Gago, R., «Bicentenario de la fundación de la cátedra de química de Vergara. El proceso de constitución». *Llull*, 1978, n° 2, pp. 5–18.
- Gago, R., «The new chemistry in Spain». *Osiris*, 1988, 2nd. series, n° 4, pp. 169–192.
- Gago, R. y Pellón, I., *Historia de las cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*. Bergarako Udala / Ayuntamiento de Bergara, Bergara, 1994.
- Gran Enciclopedia Larousse, 1ª edición, Planeta, S. A., Barcelona, 1988. Vol. 2, pág. 1678; Vol. 4, pp. 3676–3677; Vol. 6, pág. 5674; Vol. 11, pp. 10284–10285.
- Hill, C. L. (Guest editor): «Polyoxometalates», *Chem. Rev.*, 1998, 98, 1–387 (Special edition).
- Instituto Geológico y Minero de España, *Bicentenario del descubrimiento del wolframio por los hermanos Elhuyar (1783–1983)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 1985.
- Laborde Werlinden, M., «Pierre François Chavaneau en Bergara (1778–1786)». *Munibe*, 1980, año 32, números 3–4, pp. 393–400.
- Larrea, M. A., «Panorama sobre los estudios del siglo XVIII y fuentes para su investigación». En M. A. Larrea, et. al., *Historia del País Vasco. Siglo XVIII*. Universidad de Deusto, Bilbao, 1985.
- Llombart Palet, J., «Las matemáticas y otras ciencias durante la Ilustración. El Fondo Prestamero». En J. Fernández Pérez e I. González Tascón (Eds.), *Ciencia, Técnica y Estado en la España Ilustrada*. Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaría de Estado, de Universidades e Investigación, Zaragoza, 1990b, pp. 321–344.
- Llombart Palet, J., «Presencias científico-técnicas extranjeras en los Extractos (1771–1793) de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País». En Brepols (ed.), *Scientific institutions—learned societies. Proceedings of the Section 15, XXth. International Congress of History of Science 1997*, en prensa.
- Martínez Ruiz, J., *Catálogo general de individuos de la R.S.B. de los Amigos del País (1765–1793)*. Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones (R.S.B.A.P.), San Sebastián–Donostia, 1985, pp. 15–122.

- Martínez Ruiz, J., «Los hermanos Elhuyar». *I Seminario de Historia de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, R.S.B.A.P., San Sebastián, 1986, pp. 369–386.
- Palacios, J., *Los Delhuyar*, Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, Gobierno de La Rioja, Logroño, 1993.
- Palacios Remondo, J., *Epistolario (1777–1821). Juan José y Fausto Delhuyar*. Conserjería de Educación, Cultura, Juventud y Deportes, Logroño, 1996.
- Partington, J.R., *A History of Chemistry*. Macmillan & Co. Ltd. London, 4 vols., Vol. I, 1970; Vol II, 1961; Vol. III, 1962; Vol. IV, 1964.
- Pellón González, I. y Llombart Palet, J., «La formación científica recibida en el Real Seminario Bascongado por los estudiantes riojanos». En L. Español, *Matemática y región: La Rioja. Sobre matemáticos riojanos y matemática en La Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 1998, pp. 343–368.
- Pellón González, I., «Noticia sobre algunos documentos de carácter químico generados por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (1767–1810)». *Cienciatel, revista de ciencias aplicadas y telecomunicaciones*, 1999, nº 4, en prensa.
- Pellón, I. y Román, P., *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, ciencia y tecnología en Bergara (1777–1783)*. Editada por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Comisión de Bizkaia. En prensa, 1999.
- Recarte Barriola, M. T., *Ilustración vasca y renovación educativa: La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*. Publicaciones Universidad Pontificia de Salamanca. Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Salamanca, 1990.
- Román, P., «El aislamiento del wolframio por los hermanos Elhuyar (1783–1983)». *Afinidad*, 1984, nº 41, p. 11.
- Román, P., «Comentario sobre los Apuntes de Juan José D'Elhuyar tomados del profesor Torbern Olof Bergman en 1782 durante su estancia en la Universidad de Upsala (Suecia)». *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Año XLIII, Cuadernos 1–2–3–4, San Sebastián–Donostia, 1987, pp. 137–209.
- Román, P., «Los elementos químicos, su descubrimiento y la Bascongada». *Nuevos Extractos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*. Bilbao, 1996, pp. 11–49.
- Román, P., «Aspectos científicos del aislamiento del wolframio». *I Encuentro hispano-mexicano. Los hermanos Delhuyar*. Logroño, 1998, en prensa.
- Silván, L., *Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII*. Biblioteca Vascongada de los Amigos del País. San Sebastián, 1953. Reedición facsímil publicada en la *Colección Ilustración Vasca*, Tomo V, Donostia–San Sebastián, 1992a.
- Silván, L., *El químico Luis José Proust, 1754–1826*. Gráficas Eset, Vitoria, 1964. Reedición facsímil publicada en la *Colección Ilustración Vasca*, Tomo V, Donostia–San Sebastián, 1992b.
- Silván, L., «Noticia biográfica de Don Fausto de Elhuyar y Lubice (1755–1833)». *Boletín de la R.S.B.A.P.*, 1977, Año XXXIII, Cuadernos 1º y 2º, pp. 3–51.
- Silván, L., «La biblioteca de Don Juan José de Elhuyar». *Boletín de estudios históricos sobre San Sebastián*, 1982–83, pp. 681–695.
- Silván, L., «Los escritos de Fausto de Elhuyar sobre temas profesionales». *Boletín de la R.S.B.A.P.*, 1983, Año XXXIX, Cuadernos 3º y 4º, pp. 703–720.
- Silván, L., «Un bicentenario interesante. La purificación de la platina en el laboratorio de Bergara». *Boletín de la R.S.B.A.P.*, 1987, Año XLIII, Cuadernos 1–2–3–4, pp. 211–215.
- Tellechea Idígoras, J. I., *Bibliografía sobre la R.S.B. de los Amigos del País*. Editorial de la R.S.B.A.P., Donostia–San Sebastián, 1985.

- Tellechea Idígoras, J. I., *La Ilustración vasca. Cartas de Xavier María de Munibe, Conde de Peñaflores, a Pedro Jacinto de Álava*. Edición, introducción, notas e índices por J. I. Tellechea Idígoras. Parlamento Vasco, Vitoria, 1987.
- The New Encyclopædia Britannica, Encyclopædia Britannica, Inc., 15<sup>th</sup> edition, Londres, 1994, Micropædia, Vol. 4, pp. 487-488; 504; Macropædia, Vol. 18, pp. 676-683.
- Uría, J. I. de, *Los Amigos del País. Herri Lagunak*. Ediciones de la Caja de Ahorros Provincial de Guipúzcoa, San Sebastián, 1975.
- Uría, J. I. de, *Los Amigos del País. Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*. Editada por Coinpasa, Impreso por A.G. Rontegui, S.A.L., Erandio (Vizcaya), 1998. Edición limitada a 2 000 ejemplares.
- Urquijo e Ibarra, J., *Los Amigos del País (según cartas y otros documentos inéditos del XVIII)*. Imprenta de la Diputación de Guipúzcoa, San Sebastián, 1929.
- Urquijo e Ibarra, J., «Vergara en el último tercio del siglo XVIII según un minerólogo sueco. El primer platino enviado a Suecia». *Boletín de la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País*, 1945, Año I, Cuaderno 3º, pp. 253-269.
- Vernet Ginés, J., *Historia de la ciencia española*. Instituto de España. Cátedra «Alfonso X el Sabio», Madrid, 1975. Reedición facsímil publicada por la editorial Alta Fulla, Barcelona, 1998.
- Whitaker, A. P., «The Elhuyar mining missions and the enlightenment». *The Hispanic American historical review*, 1951, vol. XXXI, nº 4, pp. 557-585.

# ¿TUNGSTENO, VOLFRAMIO, WÓLFRAM O WOLFRAMIO?

Pascual Román Polo

*Artículo aceptado para su publicación en los Anales de  
la Real Sociedad Española de Química, Junio de 2000.*

**Resumen** La reciente incorporación de nuevos nombres de elementos químicos de origen alemán, danés, inglés, ruso o sueco por decisión de la IUPAC ha proporcionado la solución a la nomenclatura de algunos de los elementos superpesados ( $Z = 101-109$ ) que desde hace más de veinte años estaba pendiente de resolución, aunque todavía quedan por dilucidar los nombres de los elementos de números atómicos superiores al 110. Junto a los nuevos elementos existen otros, conocidos desde hace muchos años, que al recibir dos o más nombres generan confusión entre los químicos, los docentes y los estudiantes de química. Estos nombres plantean el problema de cómo deben llamarse y escribirse en español. El título del presente trabajo sirve de ejemplo para provocar una discusión sobre la necesidad de seleccionar y proponer un único nombre para cada elemento químico, teniendo presente que por razones históricas se les pueda asignar más de uno. Esta función debería ser liderada por la Real Sociedad Española de Química para que, a través de una comisión de nomenclatura, propusiera a la Real Academia Española, a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y a la sociedad española el nombre más apropiado para su conocimiento y consideración.

Los químicos de todo el mundo utilizan un lenguaje universal cuando se refieren al número atómico, símbolo, configuración electrónica y peso atómico de los elementos químicos. Otro tanto sucede con la transcripción de sus nombres en lengua inglesa, gracias al control y

vigilancia que ejerce la IUPAC —International Union of Pure and Applied Chemistry—, con la única excepción del *tungsten* o *wolfram*, para el que permite los dos nombres, aunque su símbolo es W. Sin embargo, la traducción al español presenta algunas dificultades en más de una docena de elementos con número atómico inferior a cien, y dudas sobre la correcta transcripción de los admitidos por la IUPAC en 1997 y los seis restantes que quedan por recibir nombre definitivo ( $Z = 110-118$ ), que han sido descubiertos con posterioridad al año 1994.

En la actualidad se conocen 115 elementos químicos, y en castellano existen dificultades para referirse a algunos elementos de una manera unívoca, al menos, en una veintena de casos. Curiosamente, el caso más llamativo es el del único elemento químico que ha sido aislado en la península Ibérica y al que se le puede identificar indistintamente con cuatro nombres diferentes: tungsteno, volframio, wólfram o wolframio.

En el presente trabajo se presenta el problema de la nomenclatura de los elementos químicos en español para que la Real Sociedad Española de Química (RSEQ), a través de sus grupos especializados y comisiones, proponga a los químicos, docentes y estudiantes, a la Real Academia Española (RAE) y a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RACEFN) el nombre principal de los elementos químicos y los nombres subordinados, en aquellos casos que sea preciso, con el fin de utilizar un lenguaje común en la comunidad de lengua española.

## Los nombres de los elementos químicos en español

Los libros de texto en castellano o traducidos de otras lenguas —especialmente, del inglés—, las tablas periódicas de los elementos publicadas por instituciones y empresas vinculadas con la química, los diccionarios y enciclopedias, a los que se ha unido recientemente Internet con su extraordinario potencial de difusión, son algunos de los medios para divulgar a los estudiosos de la química el nombre de los elementos químicos en español. La facilidad de consulta que permite Internet y la rapidez para acceder al diccionario de la Real Academia de la Lengua (DRAE) [1] o a la página *web* del Dr. Winter de la Universidad de Sheffield [2] —donde se recoge la tabla periódica más conocida por la comunidad científica y en la que aparecen los nombres de los elementos químicos en alemán, español, francés, inglés e italiano— pueden ser causas involuntarias de una incorrecta transmisión de los nombres en castellano de los elementos químicos a las personas interesadas en la nomenclatura química. Por ello, la RSEQ debería tomar cartas en el asunto y establecer las

directrices para recomendar los nombres más apropiados con el fin de evitar confusiones y facilitar el uso de un lenguaje uniforme.

En dos artículos recientemente publicados en los *Anales de la Real Sociedad Española de Química* [3, 4] se presenta una panorámica de los elementos químicos descubiertos desde los comienzos de la humanidad hasta finales del siglo XIX, y en la actualidad se está recogiendo información para publicar un tercer trabajo sobre los elementos descubiertos en el siglo XX [5]. En todos los casos, se aprecia que los elementos químicos no presentan problema alguno en cuanto a la representación de su símbolo en ninguna lengua. La dificultad aparece cuando se deben escribir sus nombres. La transcripción de los nombres de los elementos químicos del inglés al castellano y a las demás lenguas que se hablan en España ocasiona problemas con algunos de ellos.

A principios del año 2000, la Universidad del País Vasco, en colaboración con la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, ha publicado una tabla periódica bilingüe de los elementos —castellano y vascuence— con el fin de divulgarla entre los centros de enseñanza no universitaria de la Comunidad del País Vasco y Navarra. Como responsable de su publicación, tuve que consultar diversas fuentes: profesores de química —universitarios y preuniversitarios—, lingüistas, diccionarios especializados y, a través de Internet, llegué hasta el Departamento de consultas de la RAE. La contestación a la pregunta, ¿cuáles son los nombres de los elementos químicos desde el de número atómico 104 hasta el 118?, fue la siguiente:

«Podemos ofrecerle el nombre oficialmente admitido de los siguientes elementos químicos:

- 104 RUTHERFORDIO
- 105 HAHNIO
- 106 SEABORGIO
- 107 NIELSBOHRIO
- 108 HASSIO
- 109 MEITNERIO

En cuanto a los demás elementos que usted propone, todavía no se ha llegado a un acuerdo internacional sobre su denominación que suscriba la Academia.» (Madrid, 11 de enero de 2000).

La respuesta para los elementos químicos ( $Z = 1-103$ ) se puede encontrar en el DRAE en su edición de 1992, aunque en algunos casos discrepa del diccionario de la RACEFN (1996) [6] y de otros textos considerados de referencia por la comunidad de químicos.

La revisión de libros de autores españoles y latinoamericanos, las traducciones de textos de química de escritores de reconocido prestigio al español, los diccionarios de la lengua española —RAE, RACEFN y María Moliner—, enciclopedias —Espasa y Calpe y Gran Enciclopedia Larousse— diccionarios bilingües de gran prestigio, como el Oxford, páginas *web* que gozan de gran credibilidad entre los químicos, como la del Dr. Winter, y tablas periódicas de los elementos en castellano o bilingües de autores españoles conducen a la situación que se recoge en la Tabla 1. En ella se muestra, el número atómico ( $Z = 1-100$ ), símbolo, nombre en inglés aceptado por la IUPAC y nombres en español de los elementos químicos hallados en las fuentes antes citadas.

**Tabla 1.**

**Elementos químicos en español con más de un nombre o alguna excepción procedentes de textos de referencia comparados con los de la IUPAC ( $Z = 1-100$ )**

Z	Símbolo	Nombre en inglés según la IUPAC	Nombres del elemento en español
30	Zn	Zinc	Cinc, Zinc
36	Kr	Krypton	Criptón, Kriptón
39	Y	Yttrium	Itrio, Ytrio
40	Zr	Zirconium	Circonio, Zirconio
52	Te	Tellurium	Telurio, Teluro
53	I	Iodine	Iodo, Yodo
61	Pm	Promethium	Promecio, Prometio
70	Yb	Ytterbium	Iterbio, Yterbio
73	Ta	Tantalum	Tantalio, Tántalo
74	W	Tungsten o Wolfram <sup>a</sup>	Tungsteno, Volframio, Wólfram, Wolframio
97	Bk	Berkelium	Berkelio, Berquelio
99	Es	Einsteinium	Einsteinio, Einstenio

<sup>a</sup> La IUPAC recomienda el nombre de tungsten, de origen sueco, aunque también autoriza el de wolfram, de origen alemán. En lengua inglesa, el primero se ha extendido más en detrimento del segundo, que debería ser el más empleado, según recomiendan los hermanos Delhuyar, quienes lo aislaron por vez primera en 1783.

Tabla 2.

**Fuentes de procedencia de los nombres en castellano de los elementos químicos (Z = 1–100)**

Z	Símbolo	RAE (1992)	RACEFN (1996, 1999)	MOLINER (1998)	IUPAC (1993) RSEQ (1999)	WINTER (2000)
30	Zn	Cinc Zinc	Cinc Zinc	Cinc Zinc	Cinc Zinc	Cinc
36	Kr	Criptón	Criptón	Criptón	Criptón	Kriptón
39	Y	Itrio	Itrio	Itrio Ytrio	Itrio	Ytrio
40	Zr	Circonio	Circonio	Circonio Zirconio	Circonio	Circonio
52	Te	Telurio	Teluro	Telurio Teluro	Teluro	Teluro
53	I	Yodo	Yodo Iodo	Yodo Iodo	Yodo	Yodo
61	Pm	Prometio	Promecio	Prometio Promecio	Prometio	Prometio
70	Yb	Iterbio	Iterbio	Iterbio Yterbio	Iterbio	Yterbio
73	Ta	Tantalio	Tántalo	Tantalio Tántalo	Tántalo Tantalio	Tántalo
74	W	Tungsteno Volframio Wólfram Wolframio	Wolframio Tungsteno Volframio	Volframio Wolframio Tungsteno (en desuso)	Volframio	Wolframio
97	Bk	Berquelio	Berquelio	Berquelio Berkelio	Berquelio	Berkelio
99	Es	Einstenio	Einstenio	Einstenio	Einstenio	Einsteinio

## Propuesta de nombres para los elementos químicos

En la Tabla 2, se muestra la procedencia de los diversos nombres de los elementos químicos que aparecen en la Tabla 1. En ella, se han recogido las voces principales (en negrita) de los nombres de los elementos químicos y las voces subordinadas procedentes del diccionario de la RAE (1992), diccionario de la RACEFN, diccionario de María Moliner (1998) [7], la publicación de la IUPAC (1993, versión original inglesa) patrocinada por la RSEQ y la Fundación Ramón Areces *Magnitudes, Unidades y Símbolos de Química Física* (1999) [8], que ha sido traducida al castellano por Pérez Masiá, Guill, Herrero y Ruiz Paniego del CSIC y la página *web* de Winter (2000) en español. Como puede apreciarse en la Tabla 2, los diferentes autores no se ponen de acuerdo a la hora de definir el nombre para este grupo de doce elementos químicos. Las mayores coincidencias se producen con los siguientes elementos: cinc, criptón, itrio, circonio, telurio, yodo, prometio, iterbio, berquelio y einstenio. El diccionario de María Moliner emplea también el término telurio para designar al elemento con Z igual a 52, y el de la RACEFN utiliza la voz promecio en lugar de prometio para referirse al elemento de símbolo Pm. En el diccionario de María Moliner aparece también el nombre de berkelio. Únicamente Winter escribe kriptón y einsteinio, ya que los traduce directamente del correspondiente nombre inglés *krypton* y *einsteinium*, y para éste último no tiene en cuenta el proceso de monoptongación (eliminación de la i), por el que dos vocales de un diptongo se acaban fundiendo en una sola (generalmente, la más cerrada). Los distintos autores se dividen en dos grupos a la hora de nombrar el elemento de número atómico 73: unos se inclinan por tántalo, y otros, por tantalio. El elemento químico que muestra una mayor variedad de nombres es el de número atómico 74 y símbolo W. El DRAE considera que la voz principal para este elemento es tungsteno y como voces subordinadas a ella introduce: volframio, wólfram, y wolframio. Los demás autores denominan a este elemento químico o bien volframio o wolframio.

Los elementos químicos ( $Z = 101-109$ ) aprobados por la IUPAC en 1997 se presentan en la Tabla 3. Las observaciones que deben hacerse a este conjunto de nueve elementos son las siguientes: 1) El símbolo del mendelevio es Md (según la IUPAC); sin embargo, el DRAE lo representa como Mv. 2) El elemento de número atómico 103, en castellano debe escribirse laurencio. Winter traduce el nombre directamente del inglés y lo transcribe como lawrencio. Los demás autores han tenido en cuenta la norma de que al castellanizar el apellido de origen inglés Lawrence, cambian la w por la u, por no ser una letra inicial de palabra, que en este caso podría permitirse el mantener la w. 3) La mayor parte de los autores

transcriben el nombre del elemento 104 como rutherfordio; únicamente el diccionario de la RACEFN en la edición del año 1990 lo escribe como ruderfordio. 4) La mayor parte de los autores coinciden en denominar al elemento de símbolo Bh ( $Z = 107$ ) como bohrio —en honor del físico danés Niels Bohr—, salvo la RAE que lo llama nielsbohrio, pero esta recomendación está en contradicción con la de la IUPAC, que, a instancias de la Sociedad Danesa de Química, ha determinado que debe utilizarse el apellido (Bohr) y no debe emplearse el nombre de pila seguido del apellido (Nielsbohr).

La IUPAC ha otorgado de manera concluyente los nombres de los elementos químicos hasta el de número atómico 109 [9, 10]. En la Tabla 4 se muestran las propuestas de nombres en español para este grupo de elementos químicos realizadas por los diferentes autores. Entre ellas, se aprecian diferencias significativas con las recomendaciones de la IUPAC; sobre todo en el diccionario de la RACEFN (1996), que genera una gran confusión con los elementos siguientes: bohrio, dubnio, hahnio, hassio, joliotio, kurchatovio, nielsbohrio, nilborio y rutherfordio, pues no los define de una manera unívoca y los hace aparecer con distintos nombres y números atómicos. El DRAE (1992) sólo recoge los elementos 101, 102 y 103. Los restantes nombres de los elementos químicos proceden de la respuesta que da la RAE cuando se consulta a través de Internet. No obstante, al elemento 105 lo denomina hahnio en lugar del recomendado por la IUPAC que debe de ser dubnio. De igual modo, al elemento 107 lo designa como nielsbohrio en lugar de bohrio. Para este conjunto de elementos ( $Z = 101-109$ ), las fuentes de referencia más fiables son la publicación de la IUPAC (1993) sobre magnitudes, unidades y símbolos de química física, traducida al español por profesores del Instituto de Química Física «Rocasolano» del CSIC (1999), y la tabla periódica de Winter con la excepción del laurencio.

Tabla 3.

**Elementos químicos a los que la IUPAC ha asignado un nombre definitivo (Z = 101–109)**

Z	Símbolo	Nombre según la IUPAC	Nombre del elemento en castellano
101	Md <sup>a</sup>	Mendelevium	Mendelevio
102	No	Nobelium	Nobelio
103	Lr <sup>b</sup>	Lawrencium	Laurencio, Lawrencio
104	Rf	Rutherfordium	Dubnio, Kurchatovio, Ruderfordio <sup>c</sup> , Rutherfordio, Unilcuadio
105	Db	Dubnium	Dubnio, Hahnio, Joliotio, Nielsbohrio, Nilborio, Unilpentio
106	Sb	Seaborgium	Dubnio, Rutherfordio, Seaborgio, Unilhexio
107	Bh	Bohrium	Bohrio, Joliotio, Nielsbohrio <sup>d</sup> , Nilborio, Unilseptio
108	Hs	Hassium	Hahnio, Hassio, Joliotio, Uniloctio
109	Mt	Meitnerium	Meitnerio

<sup>a</sup> El DRAE (1992) representa el símbolo del mendelevio como Mv. <sup>b</sup> En algunos textos y tablas periódicas de los elementos aparece representado con el símbolo Lw, que es incorrecto. <sup>c</sup> El diccionario de la RACEFN (1990) utiliza el nombre de ruderfordio; en la edición de 1996 y 1999 lo escribe como rutherfordio. <sup>d</sup> La RAE (2000) recomienda el nombre de nielsbohrio.

Tabla 4.

**Fuentes de procedencia de los nombres en castellano de los elementos químicos (Z = 101–109)**

Z	Símbolo	RAE (1992)	RACEFN (1996, 1999)	MOLINER (1998)	IUPAC (1993) RSEQ (1999)	WINTER (2000)
101	Md	Mendelevio	Mendelevio	Mendelevio	Mendelevio	Mendelevio
102	No	Nobelio	Nobelio	Nobelio	Nobelio	Nobelio
103	Lr <sup>a</sup>	Laurencio	Laurencio	Laurencio	Laurencio	Lawrencio
104	Rf	Rutherfordio	Dubnio Kurchatovio <sup>c</sup> Rutherfordio Unilcuadio	Kurchatovio <sup>c</sup>	Rutherfordio Unilcuadio	Rutherfordio
105	Db	Hahnio <sup>b</sup>	Joliotio <sup>d</sup> Nielsbohrio <sup>e</sup> Nilborio <sup>f</sup> Unilpentio	Hahnio <sup>b</sup>	Dubnio Unilpentio	Dubnio
106	Sg	Seaborgio	Rutherfordio Dubnio Seaborgio Unilhexio		Seaborgio Unilhexio	Seaborgio
107	Bh	Nielsbohrio	Bohrio Joliotio Nielsbohrio Nilborio Unilseptio		Bohrio Unilseptio	Bohrio
108	Hs	Hassio	Hassio Hahnio <sup>b</sup> Joliotio		Hassio Uniloctio	Hassio
109	Mt	Meitnerio	Meitnerio	Meitnerio	Meitnerio	Meitnerio

<sup>a</sup> Símbolo Lw (RACEFN, 1999) y Lr (RACEFN, 1999, Apéndice). <sup>b</sup> Símbolo Ha (Moliner), Hn (RACEFN, 1996 y 1999). <sup>c</sup> Símbolo Ku. <sup>d</sup> Símbolo JI. <sup>e</sup> Símbolo Ns. <sup>f</sup> Se trata de una errata, se refiere al nielsbohrio.

Para los restantes elementos químicos, y hasta que se adopten los nombres definitivos, la IUPAC sugiere la utilización de los nombres que aparecen en la Tabla 5, según su propuesta del año 1977 [11]. Estos elementos químicos con nombre provisional se forman con prefijos numerales de origen latino y griego, que uniéndolos convenientemente, generan el nombre correspondiente, que hace alusión a su número atómico. Los nombres se componen en inglés, a partir de las siguientes raíces (entre paréntesis se indica la raíz en español, seguida de su significado), que representan las cifras del número atómico: *nil* (nil, 0), *un* (un, 1), *bi* (bi, 2), *tri* (tri, 3), *quad* (cuad, 4), *pent* (pent, 5), *hex* (hex, 6), *sept* (sept, 7), *oct* (oct, 8) y *enn* (en, 9). El nombre en inglés se obtiene añadiendo las raíces numéricas una detrás de otra en el orden de los dígitos, acabado con el sufijo *-ium*, mientras que en castellano se añade el sufijo *-io*. En inglés, se omite la *n* final de *enn* cuando se encuentra antes de *nil* y la *i* final de *bi* y *tri* cuando se halla antes de *-ium*. Otro tanto ocurre en español, que elide la *n* final de la raíz *en* cuando se halla precediendo a *nil* y la *i* final de *bi* y *tri* cuando antecede al sufijo *-io*.

Para engrendar los símbolos, se toman las primeras letras de cada una de las raíces añadidas y se obtiene el correspondiente símbolo compuesto por tres letras, tal como aparece en la Tabla 5. En español, hay que tener en cuenta que cuando se encuentra la letra *n* seguida de otra *n* se suprime una de ellas, como en el elemento 110 (ununilio). En castellano, hay dos excepciones más en los elementos en los que la letra *n* antecede a la *b* y la *p*. En estos dos casos la letra *n* se muda por la *m*. Así, los elementos 112 y 115 se escriben unumbio y unumpentio, respectivamente, para respetar la regla ortográfica: «delante de *b* o *p* la letra *n* debe cambiarse por *m*». Aunque hasta hoy sólo se conocen 115 elementos, siendo el de número atómico más elevado el 118, con tres huecos en los elementos 113, 115 y 117, se puede utilizar este mismo procedimiento para definir los nuevos elementos que puedan aparecer en el futuro. A modo de ejemplo, en la Tabla 5 se muestran los elementos comprendidos entre el elemento 110 y el 120. Los autores consultados no han designado sus nombres. Solamente, en el texto sobre magnitudes, unidades y símbolos de química física traducido al castellano se pueden encontrar los nombres de los elementos hasta el de número atómico 108, utilizando el método que propuso la IUPAC en 1977 para la designación temporal de nuevos elementos químicos. Según las reglas establecidas más arriba, los nombres que sugiere la IUPAC traducidos al castellano y los que emplea Winter son los que aparecen en la Tabla 5.

Tabla 5.

<b>Elementos químicos con símbolos y nombres temporales propuestos por la IUPAC (Z = 110–120)</b>			
Z	Símbolo	Nombre según la IUPAC	Nombre del elemento en castellano
110	Uun	Ununnilium	Ununilio, Ununnilio
111	Uuu	Unununium	Unununio
112	Uub	Ununbium	Unumbio, Ununbio
113 <sup>a</sup>	Uut	Ununtrium	Ununtrio
114	Uuq	Ununquadium	Ununcuadio, Ununquadio
115 <sup>a</sup>	Uup	Ununpentium	Unumpentio, Ununpentio
116	Uuh	Ununhexium	Ununhexio
117 <sup>a</sup>	Uus	Ununseptium	Ununseptio
118	Uuo	Ununoctium	Ununoctio
119 <sup>b</sup>	Uue	Ununennium	Ununenio, Ununennio
120 <sup>b</sup>	Ubn	Unbinilium	Umbinilio, Unbinilio

<sup>a</sup> Los elementos 113, 115 y 117 no han sido descubiertos todavía, pero la IUPAC (1977) les ha asignado temporalmente los símbolos y nombres que aparecen en la tabla. <sup>b</sup> Los elementos 119 y 120 no han sido aislados aún. Según las normas de la IUPAC deberían tener los símbolos y nombres propuestos.

Durante un largo periodo de tiempo de más de tres décadas (1960–1997), se utilizaron algunos nombres para los elementos transféricos, que suelen aparecer en la literatura de aquella época. La Tabla 4 muestra algunos elementos que recibieron el nombre de ilustres científicos y fueron aceptados y usados por algunos países, pero no merecieron el

respaldo de la IUPAC. El nielsbohrio ( $Z = 105$  y símbolo Ns) fue el único que se incorporó a la lista de los elementos químicos, aunque terminaría llamándose bohrio por consejo de la Sociedad Danesa de Química ( $Z = 107$  y símbolo Bh). Esta situación fue resuelta temporalmente por la IUPAC en 1977 adoptando símbolos de tres letras, que representan su posición en la tabla periódica (Tabla 5).

De todas las fuentes de referencia consultadas, la que recoge con mayor rigor y precisión los nombres en español de los elementos químicos es la excelente publicación de la IUPAC (1993) sobre magnitudes, unidades y símbolos de química física traducida al español por profesores del Instituto de Química Física «Rocasolano» del CSIC con el patrocinio de la Fundación Ramón Areces y la Real Sociedad Española de Química (1999).

### ¿Tungsteno, volframio, wólfram o wolframio?

La cuestión que da origen al título de este trabajo ha quedado sin resolver hasta este momento. En definitiva, la pregunta se puede plantear de otro modo: de los cuatro posibles nombres en castellano para el elemento de símbolo W, ¿cuál es el más adecuado? Para responderla con rigor, hay que tener en cuenta dos tipos de razones: las históricas y los derechos reconocidos por la IUPAC a los científicos que aíslan por vez primera un elemento químico al otorgarles el privilegio de proponer el nombre del elemento descubierto. Hay que remontarse al año 1783, cuando Juan José y Fausto Delhuyar Lubice aíslan en Bergara el elemento de número atómico 74 y, en uno de los artículos más bellos y de mayor contenido científico escrito en lengua castellana, publican sus resultados en los Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en septiembre de aquel año en la ciudad de Vitoria [12]. Los hermanos Delhuyar presentan el trabajo científico titulado: «*Análisis químico del volfram, y exámen de un nuevo metal, que entra en su composicion*» que ocupa las páginas 46–88 de dicha publicación. En él se analiza la wolframita,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , y se da a conocer, por primera vez el procedimiento para aislar un nuevo metal. En la última página, los autores dicen textualmente: «*Daremos á este nuevo metal el nombre de volfram, tomándolo del de la materia, de la qual lo hemos sacado, y miraremos ésta como una mina, en que este metal está combinado con el hierro y la alabandina, como queda probado. Este nombre le corresponde mejor que el de tungusto ó tungsteno, que pudieramos darle en atencion á haber sido la tungstene ó piedra pesada la primera materia de que se ha sacado su cal, por ser el volfram un mineral que se conocía mucho antes que la piedra pesada, á lo menos mas*

generalmente entre los mineralogistas, y que el término *volfram* está ya recibido en casi todos los idiomas de Europa, aun en el mismo Sueco. Mudamos su terminación *m.* en *n.* para acomodar mejor al genio de nuestra lengua las denominaciones de las sales que se formen con esta substancia, llamándolas sales *volfránicas*.»

En su testamento científico, los Delhuyar rechazan tajantemente el nombre de «tungusto o tungsteno», porque Juan José había sido alumno del gran químico sueco Torbern Olof Bergman en 1782 en la Universidad de Upsala y había obtenido en su laboratorio el trióxido del metal,  $WO_3$ , a partir de la scheelita ( $CaWO_3$ ) [13]. Pero, ni Bergman ni su amigo y colaborador Carl Wilhelm Scheele, a quien Juan José conoció y saludó personalmente en su retiro de Köping en el mes de junio de 1782, lograron pasar de la preparación del óxido. No era nada fácil aislar el nuevo metal por sus propiedades físicas y químicas con los medios y equipamiento científico de que se disponía en la época. El aislamiento del nuevo metal es una de las gestas científicas más importantes del último tercio del siglo XVIII, que ni siquiera está al alcance de todos los grandes científicos de la época. El químico y farmacéutico alemán Martín Heinrich Klaproth, que logró aislar los elementos uranio y circonio, reconoció humildemente en 1786, tres años más tarde del aislamiento del wolframio en Bergara por los hermanos Delhuyar, que: «hasta el presente sólo Hr. Elhuyar ha tenido éxito en conseguir el metal.» El propio Bergman reivindicó el nombre de tungsteno a su discípulo en una carta dirigida a él. Sin embargo, a pesar del profundo respeto que Juan José sentía por su maestro, no aceptó la reivindicación del gran químico sueco.

Parece que de los cuatro nombres propuestos se puede descartar el de tungsteno por expreso deseo de los científicos que aislaron por vez primera el metal. De los tres nombres restantes —volframio, wólfram y wolfamio—, si se tiene en cuenta literalmente el texto de la página 88, habría que aceptar el nombre de volfran, ya que así lo demandan sus autores. Sin embargo, si se hace una lectura más actualizada y se considera que la IUPAC recomienda añadir a la raíz de la que procede el nombre (del alemán, *wolfram* o *wolfarth*; traducido al latín *spuma lupi*, baba o espuma de lobo) el sufijo —*io* o en su defecto— *o*, aparece el nombre de volfranio o volfrano. La evolución de la lengua española en estos más de dos siglos de andadura permite mudar la *n* por la *m* y, de esta manera, se obtendrían los términos volframio o wolframio y las correspondientes voces derivadas del alemán original wolframio o wolframio. La costumbre y uso de la lengua aconseja adoptar los nombres de volframio y/o wolframio para el elemento de símbolo W y, por lo tanto, rechazar los de tungsteno y wólfram, que recoge el DRAE en su edición de 1992. En este sentido, el diccionario de

María Moliner se refiere al tungsteno como «nombre que se aplicó también al volframio hasta que se adoptó definitivamente este último.»

En las Tablas 6 y 7 se recogen los nombres en castellano de los elementos químicos para su consideración por parte de la Real Sociedad Española de Química. La Tabla 6 muestra los primeros 60 elementos químicos ordenados por su número atómico. En ella sólo aparece un elemento con un nombre doble, el de símbolo Te. El nombre más apropiado sería el de telurio y el nombre subordinado o secundario el de teluro. Sin embargo, lo más apropiado sería adoptar un único nombre para este elemento.

En la Tabla 7 se exhiben los elementos comprendidos entre el 61 y el 120 cuando se ordenan en orden creciente de su número atómico. Existen dos elementos que presentan un nombre principal y otro secundario. Para el elemento de símbolo Ta, el nombre cabecera que se propone es el de tántalo y tantalio como el subordinado. Al elemento de número atómico 74 y símbolo W, se le asigna el nombre principal de volframio y como nombre alternativo el de wolframio. De nuevo, se sugiere que lo más adecuado sería elegir una de las dos opciones para evitar confusiones y favorecer el entendimiento entre los químicos, los estudiantes y estudiosos de la química y la sociedad.

Finalmente, en la Tabla 7 se proponen los nombres de los elementos de número atómico superior al 110 siguiendo las normas de la IUPAC adaptadas al uso del castellano. Podría haber alguna discrepancia con los elementos de número atómico 110 (**Ununilio** o ununnilio), 112 (**Unumbio** o Ununbio), 114 (**Ununcuadio** o Ununquadio), 115 (**Unumpentio** o Ununpentio), 119 (**Ununenio** o Ununennio) y 120 (**Umbinilio** o Unbinilio). Según se acaba de indicar, en negrita y dentro de los paréntesis aparecen los nombres más apropiados para los elementos que pueden provocar alguna confusión. Cuando se tienen en cuenta las normas de la IUPAC y las reglas ortográficas del castellano, los nombres de los elementos químicos son los que se han propuesto en la Tabla 7 ( $Z = 110-120$ ). Si se traducen directamente del inglés al castellano los nombres propuestos por la IUPAC, aparecen los que se hallan dentro del paréntesis con letra normal.

Tabla 6.

**Nombres en español de los elementos químicos propuestos  
a la RSEQ para su posible adopción (Z = 1–60)**

Z	Símbolo	Nombre propuesto	Z	Símbolo	Nombre propuesto	Z	Símbolo	Nombre propuesto
1	H	Hidrógeno	21	Sc	Escandio	41	Nb	Niobio
2	He	Helio	22	Ti	Titanio	42	Mo	Molibdeno
3	Li	Litio	23	V	Vanadio	43	Tc	Tecnecio
4	Be	Berilio	24	Cr	Cromo	44	Ru	Rutenio
5	B	Boro	25	Mn	Manganeso	45	Rh	Rodio
6	C	Carbono	26	Fe	Hierro	46	Pd	Paladio
7	N	Nitrógeno	27	Co	Cobalto	47	Ag	Plata
8	O	Oxígeno	28	Ni	Níquel	48	Cd	Cadmio
9	F	Flúor	29	Cu	Cobre	49	In	Indio
10	Ne	Neón	30	Zn	Cinc	50	Sn	Estaño
11	Na	Sodio	31	Ga	Galio	51	Sb	Antimonio
12	Mg	Magnesio	32	Ge	Germanio	52	Te	Telurio Teluro
13	Al	Aluminio	33	As	Arsénico	53	I	Yodo
14	Si	Silicio	34	Se	Selenio	54	Xe	Xenón
15	P	Fósforo	35	Br	Bromo	55	Cs	Cesio
16	S	Azufre	36	Kr	Criptón	56	Ba	Bario
17	Cl	Cloro	37	Rb	Rubidio	57	La	Lantano
18	Ar	Argón	38	Sr	Estroncio	58	Ce	Cerio
19	K	Potasio	39	Y	Itrio	59	Pr	Praseodimio
20	Ca	Calcio	40	Zr	Circonio	60	Nd	Neodimio

Tabla 7.

**Nombres en español de los elementos químicos sugeridos  
a la RSEQ para su posible adopción (Z = 61–120)**

Z	Símbolo	Nombre propuesto	Z	Símbolo	Nombre propuesto	Z	Símbolo	Nombre propuesto
61	Pm	Prometio	81	Tl	Talio	101	Md	Mendelevio
62	Sm	Samario	82	Pb	Plomo	102	No	Nobelio
63	Eu	Europio	83	Bi	Bismuto	103	Lr	Laurencio
64	Gd	Gadolinio	84	Po	Polonio	104	Rf	Rutherfordio
65	Tb	Terbio	85	At	Astato	105	Db	Dubnio
66	Dy	Disproσιο	86	Rn	Radón	106	Sg	Seaborgio
67	Ho	Holmio	87	Fr	Francio	107	Bh	Bohrio
68	Er	Erbio	88	Ra	Radio	108	Hs	Hassio
69	Tm	Tulio	89	Ac	Actinio	109	Mt	Meitnerio
70	Yb	Iterbio	90	Th	Torio	110	Uun	Ununilio
71	Lu	Lutecio	91	Pa	Protactinio	111	Uun	Unununio
72	Hf	Hafnio	92	U	Uranio	112	Uun	Unumbio
73	Ta	Tántalo Tantalio	93	Np	Neptunio	113	Uun	Ununtrio
74	W	Volframio Wolframio	94	Pu	Plutonio	114	Uun	Ununcuadio
75	Re	Renio	95	Am	Americio	115	Uun	Unumpentio
76	Os	Osmio	96	Cf	Californio	116	Uun	Ununhexio
77	Ir	Iridio	97	Bk	Berquelio	117	Uun	Ununseptio
78	Pt	Platino	98	Cm	Curio	118	Uun	Ununoctio
79	Au	Oro	99	Es	Einstenio	119	Uun	Ununenio
80	Hg	Mercurio	100	Fm	Fermio	120	Ubn	Umbinilio

## Conclusiones

Hasta aquí se ha planteado el problema de la nomenclatura de los elementos químicos en español y la situación con que se encuentra una persona interesada en conocer con exactitud los nombres en nuestra lengua de los elementos químicos. El proceso para una actualización y más correcta divulgación de los nombres de los elementos químicos debería ser liderado por la RSEQ. El estudio preliminar desarrollado en el presente trabajo conduce a las siguientes conclusiones:

1. Las obras de más fácil consulta en sus ediciones más actualizadas, los diccionarios de la RAE, RACEFN y María Moliner no se ponen de acuerdo en algunos casos ( $Z = 1-103$ ) y están anticuados cuando se trata de conocer el nombre de los elementos de número atómico superior al 103.
2. Sólo es fiable la publicación de la IUPAC (1993) sobre magnitudes, unidades y símbolos de química física traducida al español por profesores del Instituto de Química Física «Rocasolano» del CSIC con el patrocinio de la Fundación Ramón Areces y la Real Sociedad Española de Química (1999), pero éste es un texto de difícil acceso para el gran público.
3. La mayor penetración de Internet en las universidades, institutos y demás centros de enseñanza puede animar a consultar la página *web* de Winter y aunque, en general, es bastante aceptable, presenta algunas deficiencias en los nombres de algunos elementos químicos y, en particular, en los siguientes: itrio, iterbio, berquelio, einstenio, laurencio y los comprendidos entre el 110 y el 118, ya que traduce directamente del inglés al español sin tener en cuenta las reglas de ortografía de nuestra lengua o los deja sin traducir.
4. Debería buscarse un único nombre para los elementos telurio (o teluro) y tántalo (o tantalio).
5. El nombre más apropiado para el elemento químico de símbolo W, es el de volframio o wolframio. También para este elemento se debería tratar de encontrar un solo nombre.
6. Sería conveniente rechazar los nombres de tungsteno y wólfam, que recoge el DRAE en su edición de 1992, y potenciar el uso del nombre volframio (o wolframio).

7. Deberían establecerse normas claras con el fin de traducir al castellano los nombres de los elementos químicos propuestos temporalmente por la IUPAC y adaptarlos a las reglas ortográficas del español.
8. La Real Sociedad Española de Química, a través de una comisión de nomenclatura, debería proponer a la Real Academia Española, a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y a la sociedad española el nombre más apropiado de los elementos químicos para su conocimiento y consideración.
9. Una vez adoptados los nombres más apropiados por la RSEQ, tras la discusión por sus socios y personas interesadas, debería divulgarlos a través de la revista *Anales* de la RSEQ para conocimiento de sus socios y de la comunidad interesada en la nomenclatura química.
10. Sería aconsejable que la RSEQ diera publicidad de estos nombres a la IUPAC, a la Real Academia Española, a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y al Dr. Winter.
11. La RSEQ debería dar a conocer los nombres de los elementos químicos a las editoriales que publican los diccionarios y libros de texto de mayor difusión.
12. La RSEQ debería sugerir a las Sociedades Químicas de los países latinoamericanos de habla española la posibilidad de unificar los nombres de los elementos químicos y, de este modo, utilizar un lenguaje común.

## Agradecimientos

Este trabajo aparece en su versión definitiva gracias a los acertados consejos y amables sugerencias de las siguientes personas: Pilar González (Universidad Autónoma de Barcelona), Juan Manuel Gutiérrez-Zorrilla y Antonio Luque (Universidad del País Vasco), y Ángel Lahoz y José Antonio Ruiz (IES «Goya», Zaragoza). A todos ellos, mi gratitud y reconocimiento.

## Bibliografía

1. *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española, 21ª ed., Espasa y Calpe, S. A., Tomos I y II, Madrid, 1992.
2. Winter, M. J. «WebElements Periodic Table of the elements, the periodic table on the World-Wide Web», Versión: 10 de abril de 2000, <http://www.webelements.com/>, University of Sheffield, Sheffield, 2000.
3. Román, P. *An. REQ Quím.*, 1999, 95(1), 28–33.
4. Román, P. *An. REQ Quím.*, 1999, 95(3), 23–28.
5. Román, P. En preparación.
6. *Vocabulario científico y técnico*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 3ª ed., Espasa y Calpe, S. A., Madrid, 1996; *Diccionario esencial de las ciencias*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Espasa y Calpe, S. A., Madrid, 1999.
7. Moliner, M., *Diccionario de uso del español*, 2ª ed., Editorial Gredos, S. A., Tomos I y II, Madrid, 1998.
8. Mills, I., Cvitas, T., Homann, K., Kallay, N. y Kuchitsu, K. *Magnitudes, Unidades y Símbolos de Química Física*, IUPAC 1993, Traducción de: Pérez Masiá, A., Guill, J. M., Herrero, J. E. y Ruiz Paniego, A., Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S. A., Madrid, 1999, pp. 96–99.
9. IUPAC Adopts Final Recommendations for Names of Transfermium Elements, *J. Chem. Educ.*, 1997, 74, 1258.
10. Names and symbols of transfermium elements (IUPAC Recommendations 1997), *Chem. Intern.*, 1998, 20, 37–38; *Pure & Appl. Chem.*, 1997, 69, 2471–2473.
11. Greenwood, N. N. y Earnshaw, A., *Chemistry of the Elements*, 1ª ed., Pergamon Press, Oxford, 1985, p. 35; 2ª ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997, p. 30.
12. Luyart, J. J. de y Luyart, F. de, «Análisis químico del volfram, y examen de un nuevo metal, que entra en su composición», *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vitoria, septiembre 1783, pp. 46–88.
13. Román, P. «Comentario sobre los Apuntes de Juan José Delhuyar tomados del profesor Torbern Olof Bergman en 1782 durante su estancia en la Universidad de Upsala (Suecia)», *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Año XLIII, Cuadernos 1–2–3–4, San Sebastián–Donostia, 1987, pp. 137–209.



# COMENTARIO SOBRE EL TRABAJO ORIGINAL DE LOS HERMANOS DELHUYAR EN EL QUE DAN CUENTA DEL AISLAMIENTO DEL WOLFRAMIO

Pascual Román Polo

*Forma parte de la conferencia pronunciada en el  
«1er Encuentro Hispano-Mexicano. Los hermanos Delhuyar»  
en Logroño el día 29 de septiembre de 1998.  
Pendiente de publicación.*

El trabajo original donde se da cuenta por vez primera del aislamiento del wolframio y se analiza minuciosamente el mineral wolframita,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , se titula: «Análisis químico del volfram, y exámen de un nuevo metal, que entra en su composición». Fue presentado por los hermanos y Socios de la Bascongada, Juan José y Fausto Delhuyar, en las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en Vitoria el 28 de septiembre de 1783 y apareció publicado en los Extractos de las Juntas Generales de la Bascongada en la sección correspondiente a las Comisiones Segundas de Ciencias y Artes útiles con el número I y estaba incluido entre las páginas 46 y 88. El trabajo se compone de trece capítulos divididos en diversos apartados. Más tarde, se publicó en español en forma de Memoria, que fue traducida a varios idiomas, entre ellos, el francés, inglés, alemán y sueco debido a su enorme importancia científica.

La influencia científica de Torbern Olof Bergman en Juan José Delhuyar se tradujo en uno de los mayores éxitos científico-técnicos de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (RSBAP) obtenido en sus propios laboratorios del Laboratorium Chemicum anexo al Real Seminario Patriótico de Bergara. Durante muchos años, se mantuvo la idea de que los

dos hermanos Delhuyar visitaron al sabio sueco en Upsala y, en algunos casos, incluso se sostuvo que sólo le visitó Fausto Delhuyar. Sin embargo, desde hace cuatro décadas, gracias a las aportaciones de Caycedo, Fredga, Martínez, Palacios, Román, Rydén, Silván, Schuffle, Weeks y Whitaker, se ha demostrado que únicamente Juan José mantuvo una relación de discípulo-profesor. No obstante, Fausto Delhuyar se relacionó con Bergman, al menos, en dos ocasiones a través de la correspondencia epistolar.

En la Tabla 1, se recogen los principales hechos científicos relacionados con el aislamiento del wolframio (Capítulos I-IV). El trabajo comienza en el primer capítulo con una cuidadosa revisión de las principales aportaciones realizadas por los mineralogistas en sus obras en francés, alemán y latín sobre la composición del volfram a lo largo de la historia. Henckel en el capítulo 9 de su obra «Pyritologie» dice que «el volfram es una mina de estaño arsenical y ferruginosa». Cronsted y Valerio consideran que contiene alabandina (manganeso) mezclada con hierro y estaño. Justi afirma que el volfram contiene hierro, arsénico, algo de estaño y una tierra no metálica; a todos estos Baumer les añade azufre y tierra caliza.

Scopoli asegura que el volfram: «es una mina de estaño, que da veinte y ocho libras por quintal». Más adelante escriben que: «Mr. Sage piensa que es una combinación del hierro con el basalto, y otros autores lo hacen compuesto de otras varias mezclas». Es Lehmann quien les merece más crédito, por la multitud de experimentos llevados a cabo, de los cuales extrae la conclusión que «[el volfram] está compuesto por una tierra vitrescible combinada con mucho hierro, y una porción muy pequeña de estaño». A pesar de la credibilidad de sus experimentos, estos no son del todo correctos, por lo que los Delhuyar corrigen a este autor en su trabajo. En la segunda parte de este capítulo, dan detalles sobre el origen de la palabra volfram, asegurando que los alemanes lo llaman *wolfram* ó *wolfarth* y cuyo nombre se ha traducido al latín por *spuma lupi* y afirman que sólo se ha encontrado hasta aquel momento en las minas de estaño y que no existe para este fósil ningún nombre español ni que se haya hallado aún en España por lo que se utiliza el nombre alemán.

El capítulo II recoge la descripción detallada del fósil volfram, refiriendo su color pardo negruzco, su forma de presentarse cristalizado en la naturaleza, sus propiedades físicas, entre ellas, la densidad  $6.835 \text{ g.cm}^{-3}$  y la procedencia del volfram empleado en los experimentos: «era de las minas de estaño de Zinnualde en las fronteras de la Saxonia, y de la Bohemia.»

Tabla 1.

---

## Principales hechos científicos del aislamiento del wolframio. Capítulos I-IV.

### CAPITULO I

- Exhaustiva revisión bibliográfica sobre el mineral volfram: Henkel, Cronsted, Valerio, Justi, Baumer, Scopoli, Sage y Lehmann.
- El volfram sólo se encuentra en las minas de estaño.
- Hasta el presente: no se conoce el nombre del volfram en español ni se ha hallado en España.
- Uso del nombre alemán: volfram. En alemán: *wolfram* ó *wolfarth*. En latín: *spuma lupi*.

### CAPITULO II

- Propiedades físicas y cristalográficas del volfram: color, cristalización y densidad ( $6.835 \text{ g.cm}^{-3}$ ).
- Origen de las muestras del volfram: minas de estaño de Zinnualde, frontera de Sajonia y Bohemia.

### CAPITULO III

- Ensayos por vía seca del volfram. I.
- Ensayos al soplete.
- Ensayos con fundentes: sal microcósmica,  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , bórax,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , y nitro,  $\text{KNO}_3$ .
- Ensayo con un fuego fuerte en un crisol.

### CAPITULO IV

- Ensayos por vía seca del volfram. II.
  - Reactividad del volfram con el álcali vegetal,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .
  - Análisis cualitativo: el volfram contiene hierro y alabandina (manganeso).
  - Primeras referencias a pesadas precisas.
  - Toman muestras de 100 granos (4.992 g).
-

En el tercer capítulo dan cuenta de los cinco ensayos a los que se ha sometido el volfram. En primer lugar, el tratamiento bajo la acción del soplete, seguido de los ensayos con los fundentes empleados en la época: la sal microcósmica (hidrógenofosfato de sodio y amonio tetrahidratado,  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), el bórax (tetraborato de sodio decahidratado,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), la acción de un fuego fuerte en un crisol y la reacción con el nitro (nitrato de potasio,  $\text{KNO}_3$ ) a partes iguales.

El capítulo IV lo dedican a estudiar la reactividad del volfram con el álcali vegetal (carbonato de potasio,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) seguido de otros cuatro ensayos más donde concluyen que el volfram contiene: «una mezcla de hierro y alabandina (manganeso)», aunque el manganeso se halla en mayor proporción que el hierro. El manganeso había sido aislado por el químico sueco Johan Gottlieb Gahn en 1774 y Bergman le dió el nombre de «magnesium». Para evitar confusiones con una tierra (óxido) del mismo nombre, los Delhuyar prefieren utilizar el nombre de alabandina. En este capítulo aparecen las primeras referencias a pesadas precisas en los experimentos. A lo largo del trabajo los Delhuyar utilizan como unidad de masa el grano que equivale a 0.04992 g; es decir, 100 granos son 4.992 g. Siempre que pueden toman una masa de 100 granos o un número de granos relacionado fácilmente con esta cantidad.

Concluidos los ensayos por vía seca, comienzan en el capítulo V los experimentos de la wolframita por vía húmeda (Tabla 2). En el primer ensayo hacen reaccionar 100 granos de volfram molido con ácido marino (ácido clorhídrico,  $\text{HCl}$ ) obteniendo un precipitado blanco de carácter ácido (§. IV. n. 5.) que les hace sospechar que es el mismo que había encontrado el químico sueco Carl Wilhelm Scheele «en una piedra llamada *tungstene* o piedra pesada. (k).» La referencia (k) corresponde al *Journal de physique* del mes de febrero de 1783, donde Scheele había publicado sus resultados. Esta referencia denota los profundos y actualizados conocimientos que los hermanos Delhuyar tenían sobre el tema. Por otro lado, hay que recordar que Juan José conocía personalmente a Scheele a quien había visitado en su retiro de Köping en junio de 1782.

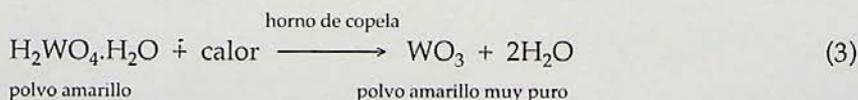
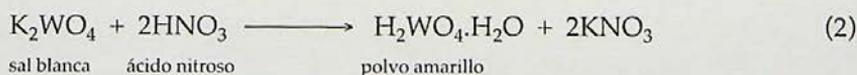
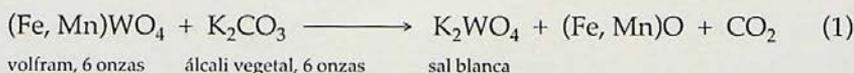
Además, consiguen identificar las gangas que acompañan al volfram: el cuarzo y el estaño. En el resto del capítulo V recogen seis ensayos más por vía húmeda. En el segundo concluyen que: «no podemos asegurar que fuese verdaderamente estaño, porque su pequeña cantidad no permitió el hacer los experimentos necesarios para confirmarlo.» Hacen reaccionar el volfram con los ácidos vitriólico (ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y nitroso (ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ). En los apartados 5 y 6 proponen un método alternativo a los conocidos de Bergman para separar el hierro de la alabandina. Hacen referencia a la presencia de una muy pequeña cantidad

de tierra caliza (óxido de calcio, CaO), que atribuyen a las aguas que han empleado y sugieren que se podría evitar poniendo mucho cuidado en la destilación del agua.

Los experimentos llevados a cabo en el último apartado del capítulo V conducen al análisis cuantitativo preciso del volfram que contiene: 22% de alabandina en estado de cal negra (dióxido de manganeso, MnO<sub>2</sub>), 13% de cal de hierro (óxido de hierro(II), FeO), 65% de la materia amarilla (tríóxido de wolframio, WO<sub>3</sub>) y 2% de residuo de cuarzo y estaño.

El resto del apartado lo dedican a justificar porque no consiguen un resultado de 100 granos en lugar de los 102 granos encontrados para los componentes del volfram. Concluyen este apartado comparando sus resultados sobre la materia amarilla con los hallados por Scheele en el análisis de la piedra pesada y los obtenidos por ellos mismos en una piedra pesada de las minas de Schlackenuualde en Bohemia en la que encuentran un 68% de materia amarilla y un 30% de cal. Por último, los Delhuyar establecen con contundencia que lo que Scheele y Bergman han considerado «como una sal simple ácida, es una sal muy compuesta, que varía según los procedimientos que se emplean para formarla, como se verá por los experimentos siguientes hechos con la materia amarilla.»

Para confirmar la naturaleza de la materia amarilla (WO<sub>3</sub>) preparan una gran cantidad de ella modificando ligeramente el procedimiento empleado en el capítulo IV para obtener la materia amarilla con la mayor pureza posible y la sal blanca (K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>). El capítulo VI (Tabla 2) describe el procedimiento refinado que emplean en la preparación de la sal blanca (wolframato de potasio, K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>) según la reacción (1). Luego, la sal blanca es tratada con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) y aparece un polvo amarillo (ácido wolfrámico, H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O) (Reacción 2) que se calcina «en una mufla de un horno de copela, y salió muy amarillo y puro.» (Reacción 3).



En el capítulo VII recogen cinco experimentos en otros tantos apartados. En el primero indican el sabor y la densidad (6.12 g cm<sup>-3</sup>) de la

materia amarilla de este modo: «Esta materia es enteramente insípida, y su pesadez específica es: 1:6,12. (o).» La referencia (o) es una exquisita y muy precisa descripción del método que emplean de la determinación de la densidad y los diferentes resultados que se obtienen al variar el método empleado en su determinación y la naturaleza física de la materia amarilla: «pedacitos del grosor de una lenteja» o «polvo fino».

La materia amarilla es sometida a los tratamientos habituales con el soplete en ausencia y presencia de carbón; es decir, ensayos a la llama oxidante y reductora, y ensayos con fundentes.

Por su gran trascendencia en el aislamiento del wolframio y por ser el experimento precursor en la obtención del wolframio se recoge literalmente el apartado segundo: «2. Ensayada por si sola [la materia amarilla] con el soplete se conserva amarilla en la llama exterior, aunque sea sobre un carbón, pero en la interior se vuelve negra, y se hincha, pero no se funde.»

Tabla 2.

---

## Principales hechos científicos del aislamiento del wolframio. Capítulos V–VIII

### CAPITULO V

- **Ensayos por vía húmeda del volfram. I.**
- Reactividad del volfram con el ácido marino, HCl.
- El ácido wolfrámico: Polvo amarillo,  $\text{WO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; polvo blanco,  $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .
- Relación del polvo blanco con el hallado por Scheele en la *tungstene*.
- Ref. (k): actualización y control de la bibliografía. *Journal de Physique*, febrero 1783.
- Gangas que acompañan al volfram: cuarzo y estaño.
- Reactividad del volfram con los ácidos vitriólico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , y nítrico,  $\text{HNO}_3$ .
- Análisis cuantitativo del volfram: 22%  $\text{MnO}_2$  (alabandina), 13% FeO (hierro), 65%  $\text{WO}_3$  (wolframio), y 2% residuo (cuarzo y estaño).

- Justificación de los 102 granos encontrados experimentalmente en el análisis cuantitativo del volfram.
- «La sal simple ácida de Scheele y Bergman es una sal muy compuesta».

#### CAPITULO VI

- **Ensayos por vía húmeda del volfram. II. (Reacciones 1-3)**
- Preparación en gran cantidad y en estado puro de la materia amarilla,  $\text{WO}_3$ .
- Síntesis de la sal blanca, el polvo amarillo y el polvo amarillo muy puro.
- Volfram + Alkali vegetal  $\longrightarrow$  Sal blanca ( $\text{K}_2\text{WO}_4$ )
- Sal blanca + Acido nitroso  $\longrightarrow$  Polvo amarillo ( $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
- Polvo amarillo + calor  $\longrightarrow$  Polvo amarillo muy puro ( $\text{WO}_3$ )

#### CAPITULO VII

- **Ensayos por vía seca de la materia amarilla. I.**
- Propiedades de la materia amarilla,  $\text{WO}_3$ : sabor y densidad ( $6.12 \text{ g.cm}^{-3}$ ).
- Puesta a punto y descripción de diversos métodos para determinar la densidad.
- Ensayos al soplete: en ausencia / presencia de carbón.
- Ensayos con fundentes: sal microcósmica,  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , bórax,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , y álcali mineral,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

#### CAPITULO VIII

- **Ensayos por vía húmeda de la materia amarilla. I.**
  - Nula reactividad de la materia amarilla con el agua: emulsión coloidal.
  - Nula reactividad de la materia amarilla con los ácidos vitriólico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , nitroso,  $\text{HNO}_3$ , y marino,  $\text{HCl}$ .
  - Escasa reactividad de la materia amarilla con el ácido acetoso,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ : coloración azul.
  - Reactividad de la materia amarilla con el álcali vegetal,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ : sal blanca ( $\text{K}_2\text{WO}_4$ ).
  - Reactividad de la sal blanca con el ácido nitroso,  $\text{HNO}_3$ : polvo blanco ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ ).
  - Relación del polvo blanco con el compuesto obtenido por Scheele en la piedra pesada ( $\text{CaWO}_4$ ).
-

Los ensayos 3, 4 y 5 recogen los resultados de fundir la materia amarilla con los fundentes sal microc6smica ( $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), b6rax (tetraborato de sodio decahidratado,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) y 6lcali mineral (carbonato de sodio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

El cap6tulo VIII contiene tres experimentos en los que los Delhuyar detallan las caracter6sticas qu6micas de la materia amarilla ( $\text{WO}_3$ ). Resaltan que es insoluble en agua, aunque el polvo forma una emulsi6n que por su tama1o atraviesa los filtros, formando un coloide que dificulta la obtenci6n rentable del 6cido wolfr6mico. El apartado 2 recoge los resultados de tratar la materia amarilla con los 6cidos vitri6lico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), nitroso ( $\text{HNO}_3$ ) y marino ( $\text{HCl}$ ) con los que no reacciona ni a1n reducida a polvo muy fino. El 6cido acetoso (6cido ac6tico,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) le confiere un color azul, pero no la disuelve.

La reacci6n de la materia amarilla con el 6lcali vegetal ca6stico ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) tanto por v6a seca como h6meda se presenta en el apartado 3. La disoluci6n as6 obtenida cuando se trata con 6cido nitroso ( $\text{HNO}_3$ ) forma un precipitado blanco (6cido wolfr6mico,  $\text{H}_2\text{WO}_4$ ) que relacionan con la materia blanca encontrada en el cap6tulo IV, ensayo n6mero 5, «y es tambi6n la misma que obtuvo Scheel en su analisis de la piedra pesada [ $\text{CaWO}_4$ ] (§.1. let. f.); 6 la qual di6 el nombre de 6cido, mirandola como un 6cido simple.» Realizan una serie de experimentos para conocer mejor la naturaleza del precipitado blanco, que piensan se trata de una sal compuesta. Comprueban que no se disuelve con un exceso de 6cido nitroso ( $\text{HNO}_3$ ). Sin embargo, cometen un error en la caracterizaci6n del precipitado blanco al que identifican con una sal cuando dicen: «queda sobre el filtro una sal blanca, y el licor que pasa claro, contiene nitro [ $\text{KNO}_3$ ], y una porcion de esta misma sal. La sal que queda sobre el filtro tiene despues de edulcorada un sabor dulce al principio, y despues picante y amargo, y produce una sensaci6n desagradable en la garganta: se disuelve en el agua, y su disoluci6n hace rojear el papel azul de girasol.»

En el cap6tulo IX (Tabla 3) profundizan los Delhuyar con cinco nuevos experimentos en la identificaci6n de la «sal blanca» (wolframato de potasio,  $\text{K}_2\text{WO}_4$ ) que suponen una sal del 6cido wolfr6mico y del cati6n procedente del 6lcali que emplean. Corrigen a Scheele quien caracteriza la «sal blanca» como un 6cido simple. Sin embargo, la «sal blanca» que obtienen aparece impurificada con otras sales con las que coprecipita. Esto se pone de manifiesto en el ensayo 2 cuando dicen: «2. Puesta 6 calcinar [la sal blanca] en una cazuelilla, despide un olor de 6cido nitroso [ $\text{HNO}_3$ ], y se vuelve amarilla ;»

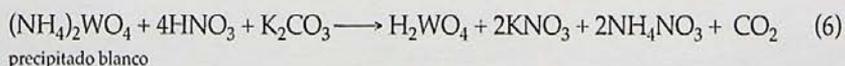
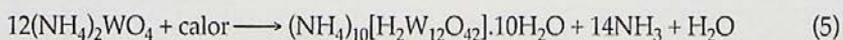
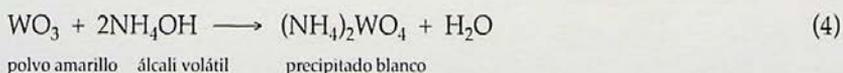
Someten a la «sal blanca» a los ensayos habituales: acci6n del soplete (ensayo 1); calcinaci6n en una cazuelilla y fusi6n del residuo al soplete

(ensayo 2); reacción de los ácidos vitriólico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), nitroso ( $\text{HNO}_3$ ) y marino ( $\text{HCl}$ ) tanto por ataque directo como en disolución (ensayo 3). En el experimento 4 estudian la reactividad de la «sal blanca» con el «ácido acetoso ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), ó vinagre destilado» que le disuelve en ebullición. La aparición de un precipitado de «vitriolo de cobre» ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) hace suponer que emplean algunos productos y reactivos impurificados en sus análisis.

Finalizados los análisis del apartado 4 pasan a los del 6, omitiendo el 5 por error. Los experimentos del apartado 6 van encaminados a demostrar que la «sal blanca» es una sal compuesta por la materia amarilla ( $\text{WO}_3$ ), el álcali fijo ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) y el ácido precipitante. Para ello, los hermanos Delhuyar emplean los siguientes reactivos: «disoluciones vitriolicas de hierro, cobre y zinc; disoluciones de la sal marina mercurial, alumbre y álcali prusiano» y «nitro calizo y las sales acetosas de cobre y plomo», con las primeras no reacciona, pero si lo hace con las segundas.

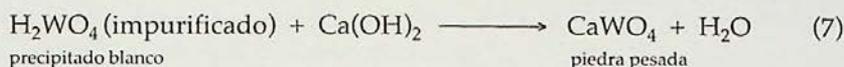
El capítulo X (Tabla 3) consta de tres apartados. En el primero disuelven la materia amarilla o polvo amarillo ( $\text{WO}_3$ ) en álcali volátil ( $\text{NH}_3$ ), así obtienen una disolución de wolframato de amonio,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$  (Reacción 4). En el segundo apartado logran un nuevo compuesto de gran importancia por evaporación de la disolución anterior en baño de arena, y lo expresan del modo siguiente: «se formaron unos cristalillos en forma de agujas, que tenían un sabor picante y amargo, y hacían una impresión desagradable en la garganta, y su disolución hacía rojear el papel de girasol.» Se trata del parawolframato de amonio decahidratado,  $(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (Reacción 5). A partir de esta sal por calcinación obtienen de nuevo la materia amarilla ( $\text{WO}_3$ ) en ambiente oxidante.

En el apartado 3, a partir de una disolución de  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , ácido nitroso ( $\text{HNO}_3$ ) y exceso de álcali ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) consiguen el precipitado blanco hallado con anterioridad (Reacción 6), aunque impurificado con  $\text{KNO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .



Los Delhuyar logran preparar un polvo azul partiendo de una disolución del precipitado blanco; es el azul de wolframio, es decir, un compuesto que presenta valencia mixta W(VI)/W(V) y que al calcinarlo forma la materia amarilla ( $WO_3$ ).

Más adelante, los autores escriben «5ª. que con el agua de cal [ $Ca(OH)_2$ ], además de formar una piedra pesada reengrendrada, despide al mismo tiempo olor de alkali volátil [ $NH_3$ ], y evaporado el licor, despues de decantado, da solamente nitro calizo [ $Ca(NO_3)_2$ ].» (Reacciones 7–9).



Impurezas

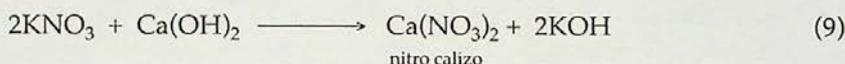
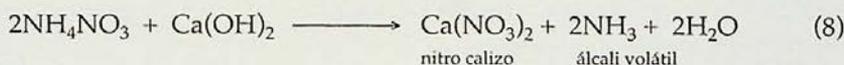


Tabla 3.

---

### Principales hechos científicos del aislamiento del wolframio. Capítulos IX–XI.

#### CAPITULO IX

- Ensayos por vía seca y húmeda para identificar a la «sal blanca» ( $K_2WO_4$ )
- Acción del soplete.
- Calcinaación de la sal blanca en una cazuelilla.
- Reacción con los ácidos vitriólico,  $H_2SO_4$ , nitroso,  $HNO_3$ , y marino,  $HCl$ .
- Reacción con el ácido acetoso,  $CH_3COOH$ .
- La sal blanca es una sal compuesta: materia amarilla,  $WO_3$ , álkali fijo,  $K_2CO_3$ , y ácido precipitante.
- Ensayos con diferentes reactivos: conocer la naturaleza de la sal blanca.

**CAPITULO X**

- **Nuevos compuestos a partir de la materia amarilla. (Reacciones 4–9)**
- Disolución de la materia amarilla,  $\text{WO}_3$ , en álcali volátil,  $\text{NH}_3$ : disolución del precipitado blanco,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ .
- Síntesis del parawolframato de amonio,  $(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- Disolución del precipitado blanco + calor  $\longrightarrow$  Nuevo compuesto
- Parawolframato de amonio: cristales en forma de agujas.
- Síntesis del primer polioxometalato,  $(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , en 1783 (Berzelius, 1826).
- Síntesis del primer compuesto de valencia mixta: W(VI)/W(V): azul de wolframio.
- Síntesis en el laboratorio a partir del wolfram de la piedra pesada,  $\text{CaWO}_3$ .
- Exquisita referencia a Bergman y Scheele.

**CAPITULO XI**

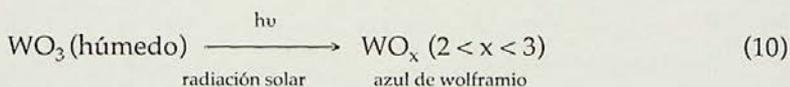
- **Ensayos con la materia amarilla: Nuevos compuestos. (Reacciones 10–12)**
  - Acción de la luz solar sobre la materia amarilla: reacción fotoquímica. Azul de wolframio,  $\text{WO}_x$ ,  $2 < x < 3$ .
  - Acción del calor (sin aire) sobre la materia amarilla: reacción térmica. Azul de wolframio,  $\text{WO}_x$ ,  $2 < x < 3$ .
  - Reacción de la materia amarilla con exceso de azufre:  $\text{WS}_2$  /  $\text{WS}_3$ .
  - **Aislamiento del wolframio (Reacciones 13–14)**
  - Reacción de la materia amarilla con exceso de carbón (sin aire): Polvo gris, W.
  - Reacción del wolframio caliente con el aire: materia amarilla,  $\text{WO}_3$ .
  - Densidad del wolframio:  $17.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . (En la actualidad:  $19.250 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ).
  - **Reacciones del polvo gris: Wolframio**
  - Calcinación del polvo gris:  $\text{WO}_3$ .
  - Acción de los ácidos vitriólico, nitroso y marino.
  - Acción del agua regia ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ).
-

Al final del capítulo X, hay una referencia muy elegante a Bergman y Scheele en la página 78 donde dicen: «Sin embargo no podemos menos de hacer justicia á los Señores Scheele y Bergman. Sabemos que la piedra pesada, de la qual han sacado estos productos, es un fósil muy raro, y poco conocido, y nos consta particularmente que han tenido muy poca cantidad para hacer con formalidad su exámen; pues de lo contrario no hubieran dexado de indagar sus propiedades con la exáctitud y sagacidad que reynan en sus obras maestras. Continuemos ahora con la materia amarilla.»

Sin duda alguna, el capítulo XI (Tabla 3) constituye una de las joyas de la literatura científica escrita en lengua española. Es aquí donde describen en cuatro apartados los ensayos con la materia amarilla que van a conducir a los hermanos Delhuyar al aislamiento del wolframio.

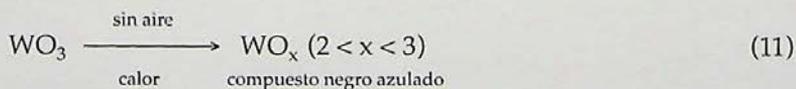
Inician el capítulo XI con una preciosa, importante y muy actual reacción fotoquímica (Reacción 10) que les lleva a la descripción del primer compuesto azul de wolframio, un compuesto de valencia mixta W(VI)/W(V) que puede formularse del modo siguiente:  $WO_x$  ( $2 < x < 3$ ).

La reacción 10 se produce por la acción de la luz solar cuando el polvo amarillo ( $WO_3$ ) está ligeramente húmedo.



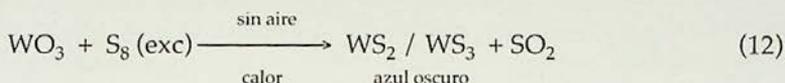
Los hermanos Delhuyar describen esta reacción del siguiente modo: «1. Ese polvo [ $WO_3$ ] se vuelve azul dexándolo en un parage claro, y con mucha mas prontitud exponiéndolo al sol, y el azul es mas intenso en este último caso.»

Los Delhuyar se van acercando a su objetivo con el experimento del apartado 2. Es una reacción semejante a la del apartado anterior en la que utilizan la energía térmica en lugar de la energía solar y obtienen un compuesto negro azulado (Reacción 11). Este ensayo es exactamente el mismo que el que emplean para aislar el wolframio pero no han puesto carbón.



En el apartado 3 describen la reacción del polvo amarillo ( $WO_3$ ) con un exceso de azufre para dar un sulfuro de wolframio o una mezcla de sulfuros de wolframio (Reacción 12). La descripción por el color no es

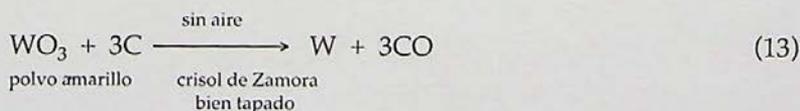
suficiente para saber si se trata del  $WS_2$  o del  $WS_3$ . El  $WS_2$  se presenta en forma de cristales hexagonales de color gris oscuro, mientras que el  $WS_3$  lo hace como un polvo marrón chocolate.

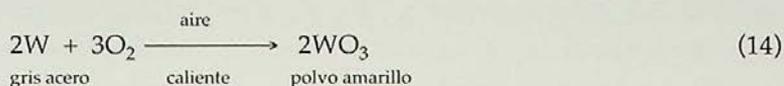


Los Delhuyar alcanzan el cenit de su trabajo en el apartado 4 cuando, empleando la metodología de la Metalurgia de polvos, aislan el wolframio gracias a su sagacidad, ingenio, talento y profundos conocimientos científicos. La clave de su éxito está en utilizar un polvo amarillo,  $WO_3$ , previamente preparado por ellos de una elevada pureza, como indican en el capítulo VI; un crisol de Zamora que resiste la acción de hornos para alcanzar altas temperaturas; carbonilla (carbón) como reductor y, sobre todo, «bien tapado», es decir, emplean una atmósfera reductora como la que genera el monóxido de carbono (Reacción 13).

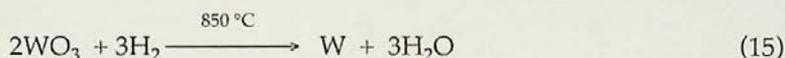
La obtención del wolframio se recoge magistralmente en la página 80 del trabajo original de este modo: «4. Habiendo puesto otros cien granos de este polvo en un crisol de Zamora, guarnecido con carbonilla, y bien tapado, á un fuego fuerte, en el qual estuvo hora y media, encontramos rompiendo al crisol despues de enfriado, (q) un boton que se reducía á polvo entre los dedos. Su color era gris, y exâminándolo con un lente, se veía un conjunto de globos metálicos, entre los quales habia algunos del tamaño de una cabeza de alfiler, cuya fractura era metálica, y de color del azero. Pesaba sesenta granos, y por consiguiente habia disminuido quarenta. Su pesadez específica era: : 1:17, 6.»

Una de las observaciones más interesantes es la referencia (q) de un gran valor científico, que aparece al pie de la página 80 y dice: «(q) La primera vez que hicimos este experimento rompimos el crisol, sin dexarlo enfriar enteramente ; y asi que tuvo la materia contacto con el ayre, se encendió, y su color gris se volvió en un instante amarillo.» En este experimento los Delhuyar obtienen el wolframio, pero al no estar suficientemente frío el crisol vuelve a reaccionar el metal con el aire a esa temperatura para dar el trióxido de wolframio, es decir, el producto de partida (Reacción 14).





Actualmente el wolframio en polvo, químicamente puro, se obtiene partiendo de los minerales wolframita o scheelita, empleando las mismas procedimientos químicos que los utilizados por los Delhuyar en 1783. Únicamente en la fase final para la reducción de  $WO_3$  a metal se lleva a cabo con hidrógeno en lugar de carbono (Reacción 15)



El wolframio en la actualidad sirve como materia prima para la fabricación de materiales duros tipo Widia, blindajes para radiaciones, elementos para reactores y proyectiles espaciales, filamentos de lámparas eléctricas, núcleos antitanques, tubos de rayos X, válvulas electrónicas y estudios con el radioisótopo  $^{185}\text{W}$ .

El aislamiento del wolframio es una de las gestas científicas más importantes del último tercio del siglo XVIII que ni siquiera está al alcance de todos los grandes científicos de la época. El químico y farmacéutico alemán Martin Heinrich Klaproth, que él sólo aisló tres elementos químicos, reconoce humildemente en 1786, tres años más tarde del aislamiento del wolframio en Bergara por los hermanos Delhuyar que: «hasta el presente sólo Hr. Elhuyar ha tenido éxito en conseguir el metal.»

Los ensayos del apartado 4 recogen la densidad experimental del wolframio cuyo valor es  $17.6\text{ g.cm}^{-3}$ , que resulta inferior al valor real conocido hoy en día:  $19.250\text{ g.cm}^{-3}$ . La diferencia hay que atribuirla probablemente a la parcial impurificación con los carburos de wolframio WC y  $W_2C$ , cuyas densidades son  $15.6$  y  $17.15\text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente. También puede contribuir a la disminución del peso específico la presencia de impurezas de hierro procedentes del carbón empleado que los propios autores indican, y que más tarde eliminan para aislar el wolframio químicamente puro.

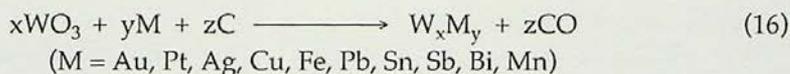
Cuando los Delhuyar calcinan el wolframio obtienen el polvo amarillo de partida,  $WO_3$ . A continuación, someten al polvo gris a la acción de los ácidos vitriólico, marino y nitroso ( $HNO_3$ ) y agua regia ( $HCl + HNO_3$ ).

En el capítulo XII (Tabla 4) se recogen en diez apartados los nuevos experimentos de los hermanos Delhuyar con el polvo amarillo y diferentes metales. En los tres primeros apartados estudian la reactividad con el oro,

platino y plata. Continúan examinando la reactividad del polvo amarillo con el cobre (ensayo 4); hierro (ensayo 5) con el que forma una importante aleación; plomo (ensayo 6); estaño (ensayo 7); antimonio (ensayo 8); bismuto (ensayo 9) y mineral de alabandina (ensayo 11). Se observa que falta el apartado 10.

En el apartado 2 se refieren los Delhuyar a la reacción de la plata con el polvo amarillo. Sin embargo, durante el resto de la descripción escriben platina. Debe tratarse de un error y lo que realmente estudian es la reacción en estado sólido de la materia amarilla con la platina [platino, Pt]. Esto parece confirmarse, ya que el ensayo 3 recoge la reacción con la plata. Al final del apartado los hermanos Delhuyar concluyen que con el hierro y la plata se forman las mejores aleaciones y lo expresan así: «Este boton [ $W_xAg_y$ ] pesaba ciento quarenta y dos granos, y es la aligación mas perfecta que hemos logrado despues de la del hierro [ $W_xFe_y$ ].»

Todos los ensayos que se exponen en este capítulo, tratan de conseguir nuevas aleaciones de wolframio con diferentes metales (Reacción 16). Parece como si los hermanos Delhuyar intuyeran las futuras aplicaciones del nuevo metal. Los Delhuyar son unos adelantados de su tiempo cuando anuncian en el apartado 5 la preparación del ferrowolframio. Esta ferroaleación es la materia prima para la fabricación de herramientas de corte o de deformación, como: brocas, buriles, cuchillas, escariadores, fresas, machos, matrices, punzones, terrajas de roscar y sierras.



Generalmente, la preparación del ferrowolframio se atribuye a Berthier por su trabajo publicado en los *Annales de Chimie et Physique* del año 1834. Más tarde, es citado por Bernouilli cuando lo obtiene por calentamiento de la fundición de hierro con ácido wolfrámico en 1860. Lo cierto es que esta aleación estaba perfectamente descrita por los hermanos Delhuyar desde 1783.

En el capítulo XIII (Tabla 4) se presentan las conclusiones más relevantes del trabajo científico de los hermanos Delhuyar. Al comienzo se vuelven a referir a Bergman y la teoría del flogisto de este modo: «Estos experimentos realizan las sospechas de Bergmann, que considerando la pesadez específica de esta materia, y la propiedad de colorar la sal microcómica, y el borax, congetura ( $r$ ) que es de naturaleza metálica. La mudanza de su color al paso que se carga de flogisto: la dimunición de peso absoluto, y aumento de pesadez específica en la misma proporcion: el

aspecto metálico que recibe á un fuego fuerte con la carbonilla, y las propiedades que presenta en este estado: las diferentes aligaciones mas ó menos perfectas que forma con los metales: y la disminucion de pesadez específica, y aumento de peso absoluto á medida que disminuye en su combinacion el flogisto, son pruebas incontestables de su naturaleza metálica. El polvo amarillo debemos pues considerarlo como una cal metálica, y el boton regulino que se logra combinando este polvo con el flogisto por medio de la carbonilla, como un verdadero metal.» La referencia (r) se refiere a una publicación de Bergman aparecida en la revista *Journal de physique* de febrero de 1783.

Los hermanos Delhuyar concluyen que han obtenido el polvo amarillo,  $WO_3$ , y a partir de él un verdadero metal. Más adelante indican que puede prepararse el ácido cuando dicen: «Pero además de estos dos estados puede este metal, como el arsénico, reducirse á ácido ; pues aunque no hemos podido lograrlo hasta ahora libre de toda combinacion con propiedades verdaderamente ácidas, las combinaciones que forma con los alkalis, y sobretodo con el volátil, cuyo compuesto presenta propiedades ácidas, nada equívocas, son suficientes para asegurar que verdaderamente toma el estado ácido, y tal vez multiplicando los experimentos, podrá descubrirse en breve el método para tenerlo puro, como se ha hecho con el ácido arsenical.»

En la página 87 del trabajo de los Delhuyar resumen en nueve puntos las propiedades físicas y químicas determinadas experimentalmente del nuevo metal. De entre ellas, destacaremos las siguientes: la densidad (menor que la real); la formación de vidrios con los fundentes; dificultad de fundir (el punto de fusión del wolframio, 3695 K, es el más elevado de todos los metales); el color amarillo de la cal (trioxido de wolframio,  $WO_3$ ) y su elevado punto de fusión; las aleaciones que forma con otros metales; el metal es insoluble en ácidos y se vuelve amarillo con el nitroso ( $HNO_3$ ) y el agua regia ( $HCl + HNO_3$ ); el óxido se combina con los álcalis formando las sales correspondientes; la aparición de la emulsión del óxido con agua; el óxido es insoluble en los ácidos vitriólico ( $H_2SO_4$ ), nitroso ( $HNO_3$ ), marino ( $HCl$ ) y acetoso ( $CH_3COOH$ ), con este último se vuelve azul.

Después de enunciar las características del nuevo metal los hermanos Delhuyar reclaman la gloria del descubrimiento cuando escriben: «Todas estas diferencias son bastante notables, para que podamos mirar esta materia metálica como un metal *sui generis*, distinto de todos los demás.»

Juan José y Fausto Delhuyar están tan seguros de su hallazgo que proponen el nombre del nuevo metal. Les asiste la razón y así se lo reconocen las más altas instituciones que velan por la propiedad intelectual de un descubrimiento de tanta importancia.

Tabla 4.

---

**Principales hechos científicos del aislamiento del wolframio. Capítulos XII–XIV.****CAPITULO XII (Reacción 16)**

- **Nuevos ensayos de la materia amarilla: aleaciones**
- Reactividad de la materia amarilla con 10 metales: oro, platino, plata, cobre, hierro, plomo, estaño, antimonio, bismuto y mineral de alabandina (manganeso).
- *Lapsus* en el apartado 2 del texto. Escriben plata cuando se están refiriendo a la platina (platino).
- Preparación de nuevas aleaciones: hierro y plata las mejores.
- Obtención de la aleación de ferrowolframio en 1783 (Berthier, 1834, *Annales de Chimie et Physique*).

**CAPITULO XIII**

- **Conclusiones sobre el nuevo metal**
  - La materia amarilla,  $\text{WO}_3$ , es una cal de naturaleza metálica, de ella se obtiene el régulo metálico.
  - La materia amarilla es de color amarillo, el nuevo metal es blanco-grisáceo.
  - El flogisto disminuye en la cal y aumenta en el nuevo metal.
  - La materia amarilla pesa 100 granos, el nuevo metal 60 granos. Por tanto, hay una disminución en el peso en el nuevo metal de 40 granos.
  - La densidad de la materia amarilla es de  $6.12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , el nuevo metal tiene una densidad de  $17.6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Es decir, hay un aumento importante en la densidad del nuevo metal.
  - **Conclusiones generales**
  - Obtención de la materia amarilla,  $\text{WO}_3$ .
  - Justificación de la reactividad de la materia amarilla por la teoría del flogisto.
  - Aislamiento por vez primera de un nuevo metal: el wolframio.
  - Definición de las propiedades físicas y químicas del wolframio.
  - Nuevas aleaciones de wolframio con otros metales.
  - Aislamiento del ferrowolframio.
  - Obtención del ácido wolfrámico: lo confunden con una sal compuesta.
  - Preparación de nuevos compuestos de wolframio con el amonio:  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , y  $(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .
  - Propuesta de nombre para el nuevo metal: wolframio.
-

Finalmente, en la página 88 de la memoria se refieren al nombre que hay que dar al nuevo metal, privilegio que corresponde a los hermanos Delhuyar por ser quienes obtuvieron el elemento metálico en estado puro en primer lugar. Es su testamento científico y dicen: «Daremos á este nuevo metal el nombre de volfram, tomándolo del de la materia, de la qual lo hemos sacado, y miraremos ésta como una mina, en que este metal está combinado con el hierro y la alabandina, como queda probado. Este nombre le corresponde mejor que el de tungusto ó tungsteno, que pudiéramos darle en atención á haber sido la tungstene ó piedra pesada la primera materia de que se ha sacado su cal, por ser el volfram un mineral que se conocia mucho antes que la piedra pesada á lo menos mas generalmente entre los mineralogistas, y que el término volfram está ya recibido en casi todos los idiomas de Europa, aun en el mismo Sueco. Mudamos su terminacion m. en n. para acomodar mejor al genio de nuestra lengua las denominaciones de las sales que se formen con esta substancia, llamándolas sales volfránicas».

En la literatura castellana relacionada con el wolframio suele aparecer el término tungsteno para designar al mismo elemento, que es una voz incorrecta. Esta aclaración se introduce para indicar que se trata del mismo metal. Sin embargo, hay que mencionar que el verdadero nombre castellano de este elemento es: wolframio o volframio, que de las dos formas se puede escribir, ya que es un privilegio reconocido por las más altas instituciones científicas que sus descubridores tienen el honor de dar nombre al elemento que han descubierto. Los hermanos Delhuyar decidieron dar al elemento aislado por ellos el nombre de volfram por haberlo obtenido de la wolframita. En la literatura anglófona, generalmente, al wolframio se le llama tungsten o una voz derivada. Otro tanto ocurre con sus compuestos, que suelen derivarse del nombre del elemento. En cualquier caso, su símbolo químico es la W mayúscula.

El trabajo publicado por los hermanos Delhuyar en los Extractos de la Juntas Generales de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en septiembre de 1783, es posiblemente el mejor artículo aparecido en la revista científica de la Bascongada. Las innovaciones que introducen los autores, la presentación del mismo y los importantes logros científicos y técnicos que alcanzan merecería que hoy, sin ninguna duda, salvando los doscientos quince años que nos separan, este trabajo podría publicarse en revistas de gran prestigio científico mundial como *Angewandte Chemie*, *Journal of the American Chemical Society*, *Nature* o *Science*.

Las enseñanzas de Bergman pueden apreciarse en el trabajo presentado por los hermanos Delhuyar «Análisis químico del volfram, y exàmen de un nuevo metal, que entra en su composicion». En los ensayos

a los que someten a la wolframita,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , mineral con el que van a trabajar para aislar el wolframio siguen la metodología aprendida por Juan José en la Universidad de Upsala, es decir, acción al soplete; reacción por vía seca con los fundentes sal microcósmica, bórax y nitro; reacciones por vía húmeda con agua destilada, y diversos ácidos y álcalis; precisión en las pesadas y, en particular, en los valores de las densidades encontradas y el exquisito método empleado para analizar la wolframita; orden y minuciosidad en el trabajo; comprobación del sabor y gusto de los sólidos y las disoluciones obtenidas; reacción por vía seca y húmeda del polvo amarillo; formación de aleaciones con distintos metales como oro, platino, plata, cobre, hierro, plomo, estaño, antimonio, bismuto y manganeso. La influencia del profesor Bergman se ve claramente cuando los hermanos Delhuyar utilizan la teoría del flogisto para interpretar los fenómenos de la combustión cuando escriben en las páginas 85 y 86 de su trabajo: «Estos experimentos realizan las sospechas de Bergmann, que considerando la pesadez específica de esta materia, y la propiedad de colorar la sal microcósmica, y el borax, congetura (*r*) que es de naturaleza metálica. La mudanza de su color al paso que se carga de flogisto: la diminución de peso absoluto... y aumento de peso absoluto á medida que disminuye en su combinacion el flogisto, son pruebas incontestables de su naturaleza metálica.». De nuevo en la página 87 vuelven a citar el flogisto y escriben: «8º. la emulsion que forma su cal triturándola con agua, aun quando tiene cierta cantidad de flogisto».

Sin menoscabo de la aportación de Fausto, es necesario hacer justicia y reconocer que la mayor parte de las investigaciones sobre el descubrimiento del wolframio se debieron a Juan José. Por ello, es preciso recordar la opinión de Bernardo J. Caycedo, descendiente de Juan José y entusiasta biógrafo de su antepasado, de él dice: «Juan José fue el verdadero descubridor del metal wolframio, aunque Fausto le ayudó en sus investigaciones». Leandro Silván, tal vez más imparcial en su juicio dice: «Quienes se han ocupado de estudiar y comentar ese hecho memorable, están de acuerdo en considerar a Juan José como principal autor del descubrimiento; y es natural que así fuese, ... Pero estimamos erróneo subestimar la intervención de Fausto en las tareas llevadas a cabo para alcanzar la meta pretendida».

Debido a su carácter retraído y olvidadizo Juan José no comunicó al profesor Bergman su hallazgo y encargó a su hermano que lo hiciera en su nombre. Bergman recibió información del descubrimiento del nuevo metal a través de una carta enviada por Fausto Delhuyar, el 15 de enero de 1784 desde Bergara, poco tiempo después de que Juan José se hubiera marchado con destino a Cádiz donde embarcaría, el 18 de julio de 1784, para

desempeñar el cargo de Director General de las Fundiciones del Reino de Nueva Granada en América. Una vez conocida la noticia, Bergman hace partícipe a su amigo Scheele y éste contesta a Bergman desde Köping con fecha del 2 de abril de 1784 diciéndole: «Celebro que el Sr. Luyarte haya obtenido regulum tungsten; espero que haya enviado al Señor Profesor muestras de él.»

Las palabras de Scheele hay que analizarlas desde una doble perspectiva. En primer lugar, reconoce el honor del descubrimiento a los hermanos Delhuyar y, muy en particular, a Juan José que era a quien él personalmente conocía. Como hemos visto por las referencias de la memoria de los hermanos Delhuyar, Scheele junto con Bergman eran los únicos que podían cuestionar el descubrimiento del wolframio. En segundo lugar, era habitual en aquella época que cuando se producía el hallazgo de un nuevo elemento se enviaran muestras del mismo a Bergman debido a su gran prestigio y saber científico para la confirmación del descubrimiento.

Fausto Delhuyar envió una nueva carta a Bergman desde Bergara fechada el 17 de junio de 1784, donde le da las gracias por los libros recibidos y le sugiere que le envíe otros. Asimismo, le da algunas informaciones sobre los experimentos realizados en el aislamiento del wolframio.

Juan José recibió una carta de Bergman fechada en Upsala el 18 de marzo de 1784, que se supone contestó desde Cartagena de Indias el 3 de noviembre de 1784. De ella se conserva el borrador que se encuentra en la biblioteca de la Universidad de Upsala. Juan José contesta a Bergman que el nombre de wolframio es el más apropiado ya que «sigue la ley (aunque defectuosa pero difícil de reformar) de otros semimetales que han recibido su denominación del mineral de donde se les ha descubierto en primer lugar». Más adelante, le aclara algunos conceptos de su trabajo de una manera clara y precisa a la luz de la teoría del flogisto.

Cuando Juan José escribió este borrador no sabía que Bergman había fallecido en Medevi el 8 de julio de 1784. Un mes más tarde falleció su padre en Bayona el 15 de agosto. Sin duda alguna que estas dos grandes pérdidas junto con la del conde de Peñaflores, ocurrida el 13 de enero de 1785, afectaron profundamente a Juan José y Fausto Delhuyar.

## Bibliografía

- Luyart, J. J. de y Luyart, F. de, «Análisis químico del volfram, y exámen de un nuevo metal, que entra en su composición». *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Vitoria, septiembre 1783, pp. 46-88.

# **REPRODUCCIÓN FACSIMIL DEL TRABAJO ORIGINAL DE LOS HERMANOS DELHUYAR**

**Juan José Delhuyar Lubice y Fausto Delhuyar Lubice**

*Publicado en los Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Vitoria, septiembre 1783, pp. 46-88. Más tarde apareció publicado en forma de memoria en español, francés, inglés, alemán y sueco.*

EXTRACTOS  
DE LAS  
JUNTAS GENERALES  
CELEBRADAS  
POR LA  
REAL SOCIEDAD BASCONGADA  
DE LOS  
*AMIGOS DEL PAIS*  
EN LA CIUDAD DE VITORIA  
POR SETIEMBRE DE 1783.



CON LICENCIA.

---

EN VITORIA : Por Gregorio Marcos de Robles y Revilla,  
Impresor de la misma Real Sociedad.

mente sus inconvenientes. Con las caxas de ensanche propuestas se logran todas las ventajas que se pueden desear para el mejor gobierno de las abejas. Deben desterrarse las colmenas hechas de troncos de árboles, que se amontonan unas sobre otras sin poderse manejar, y sin recurso á los medios que dexamos propuestos.

COMISIONES SEGUNDAS  
de Ciencias y Artes útiles.

NUMERO I.

*Analisis quimico del volfram, y examen de un nuevo metal, que entra en su composicion por D. Juan José y Don Fausto de Luyart de la Real Sociedad Bascongada.*

§. I.

**E**L volfram es una de las substancias singular-

lares del reyno mineral, sobre cuya composicion han variado mucho las opiniones de los mineralogistas. Henckel ( *a* ) dice en su piritologia que es una mina de estaño arsenical y ferruginosa. Cronsted ( *b* ), y Valerio ( *c* ) lo han mirado como una alabandina mezclada con hierro y estaño. Justi ( *d* ) asegura que contiene hierro, arsénico, algo de estaño y una tierra no metálica, á los quales añade aun Baumer ( *e* ) azufre y tierra caliza. Scopoli ( *f* ) dice que es una mina de estaño, que dá veinte y ocho libras por quintal. Mr. Sage ( *g* ) piensa que es una combinacion del hierro con el basalto, y otros autores lo hacen compuesto de otras varias mezclas. Pero el único que ha examinado con atencion este fosil

es

( *a* ) Pyritologie cap. 9.

( *b* ) Försök til mineralogie eller mineral rikets uppställing. § 117.

( *c* ) Sistema mineralogicum tom. 1. fol. 345.

( *d* ) Gruntriss des mineral reichs fol. 58.

( *e* ) Naturgeschichte des mineral reichs tom. 1. fol. 448.

( *f* ) Enleitung zur Kenntniss und Gebrauch der Fossilien fol. 104.

( *g* ) Elemens de mineralogie docimastique tom. 1. fol. 209.

es Lehmann ( *b* ), que refiere una multitud de experimentos , de los quales concluye que está compuesto de una tierra vitrescible combinada con mucho hierro , y una porcion muy pequeña de estaño. Los experimentos siguientes harán ver que lo que este autor llama tierra vitrescible tiene propiedades muy diferentes de las que debieran caracterizarla como tal, y que el producto ferruginoso contiene otra materia que él no conoció.

Este fosil , que los alemanes han llamado *wolfram* ó *wolfarth* , y cuyo nombre se ha traducido en latin por *spuma lupi* , solo se ha encontrado hasta ahora en las minas de estaño ; pues aunque varios autores quieren hacerlo mas comun , es un error que previene de que confunden algunas minas de hierro espejosas con el verdadero volfram , como se conoce por sus descripciones , y por las piezas que con frecuencia se hallan en los gavinetes baxo de este nombre. Por los malos efectos que produce esta materia en las fundiciones de los minerales de estaño , de los quales es muy difícil el separarla por los lavages , á  
cau-

---

( *b* ) Physicalisch chymische Schriften fol. 275.

causa de su grandísima pesadez , le han dado tambien algunos el nombre de *lupus jovis*. No conocemos á este fosil ningun nombre español , ni tenemos noticia de que se haya hallado aun en el pais ; por lo que nos vemos precisados á usar del aleman , hasta que con el tiempo pueda descubrirse otro mas castizo.

### §. II.

Ete fosil es de un color negro pardusco. Se encuentra en masas , disperso y cristalizado en prismas hexâedros chatos apuntados con quatro caras , y estas apuntaduras terminadas en bisel. Interiormente es resplandeciente , y de un lustre que se acerca al metálico. Su fractura es hojosa con hojas chatas , pero algo confusas , y por algunos lados mas desigual que hojosa , y muy rara vez estriada. Quando la fractura es hojosa se observan partes separadas testáceas. Sus fragmentos son angulares indeterminados con bordes poco agudos. Es siempre opaco. Raspándolo dá un polvo pardo rojizo obscuro. Es blando , y extremamente pesado , y su pesadez expecifica es : : 1 : 6 , 835.

El volfram que hemos empleado en los experimentos siguientes tenia estos caractéres, y era de las minas de estaño de Zinnwald en las fronteras de la Saxonia , y de la Bohemia.

### §. III.

1. Por sí solo no puede fundirse con el soplete , solo se redondean los ángulos , pero el interior conserva su estructura y color sin alterarse.

2. Con la sal microcósmica se funde con efervescencia , y forma un vidrio de un roxo jacinto en la llama exterior , y mucho mas obscuro en la interior.

3. Con el borax hace tambien efervescencia , y forma en la llama interior un vidrio de un amarillo verdoso , que en la exterior se vuelve rojizo.

4. Habiendo puesto una porcion de volfram en un crisol á un fuego fuerte durante una hora se hinchó , quedó esponjoso , y de color pardusco , tomó una semivitrificacion , y era atraible por el iman.

5. Mezclado en partes iguales con el nitro , y echado en un crisol roxo *detona* , ó  
por

por mejor decir hierve con una llama azul en los bordes, y se levantan vapores nitrosos. Echándolo después en agua se disuelve en parte, y unas quantas gotas de ácido producen en esta disolucion un precipitado blanco.

#### §. LV.

1. Habiendo puesto al fuego en un crisol dos ochavas de volfram molido con quatro de alkali vegetal se fundió parte con bastante facilidad; y habiendo vaciado esta mezcla sobre una chapa de cobre, quedó en el crisol una porción negra, que después de bien *edulcorada* pesaba 37. granos.

2. Lo que cayó sobre la chapa se echó después sobre el agua destilada, que habia servido para *edulcorar* el residuo del crisol, y filtrado el licor quedó sobre el filtro un polvo de color mas claro que el anterior, y que después de bien lavado pesaba 9. granos. De esto resulta que la porción disuelta por el alkali equivale á 98. granos.

3. El residuo negro que quedó en el crisol era atraible por el iman, y ensayado por medio del soplete daba con la sal microcósmica.

ca un vidrio de color amarillo verdoso en la llama interior , y en la exterior una bolita, que al enfriarse presentaba un color roxo carmesí , y despues quedaba de un amarillo rojizo. Este último fenomeno nos indicó en esta materia una mezcla de hierro y alabandina.

( i ) Para separar de este residuo la parte de  
vol-

---

( i ) Este fenomeno curioso es muy útil para descubrir la alabandina mezclada con el hierro en qualquier estado que éste se halle. Es constante que la llama exterior del soplete calcina en general los metales , y que la interior les dá una porcion de flogisto. Hay muy poca diferencia en los efectos que producen estas dos llamas sobre el hierro , y en ambas dá éste á la sal microcós mica un color verde mas ó menos cargado segun la cantidad que se emplea ; pero á la alabandina la llama exterior le dá un color roxo carmesí , que se desvanece en la interior. Siendo esto así es facil explicar la mudanza del color carmesí en amarillo rojizo en la mezcla de estas dos materias. La alabandina calcinada en la llama exterior presenta el color carmesí , que le es propio en este estado ; pero al enfriarse quita al hierro una porcion de su flogisto , y con ella pierde su color , y el hierro privado de esta parte dá un color amarillo de miel á la sal microcós mica. Si en la mezcla hay mayor cantidad de alabandina que de hierro , como sucede en el caso actual , no hallando aquella todo el flogisto necesario , es muy natural el que dé al amarillo un matiz de roxo , y que de este resulte el amarillo rojizo.

La alabandina es un mineral negro , que varía mucho en quanto á su aspecto y figura , y es de mucho uso

volfram que podia haber quedado sin descomponerse , y exponerlo de nuevo á la operacion , lo desleimos en agua ; pero viendo que se sostenia con facilidad en ella , abandonamos nuestro intento , conociendo que debia ser muy poco ó nada lo que quedaba sin descomponer.

4. El otro residuo que quedó sobre el filtro lo atría tambien el iman ; pero su color era mas claro que el del anterior , y su acción sobre la sal microcósmica indicaba contener mucha menos mezcla de alabándina.

5. Sobre la disolucion , ( §. IV. n. 2. ) que pasó clara por el filtro , echamos poco á poco ácido nitroso , y al instante se formó un precipitado blanco , que *edulcorado* varias veces , despues de haber separado el licor , conservaba un gusto dulce al principio , y des-

en las fábricas de vidrios y cristales , para quitarles el color verde , que sin esto sacarian. Gahn y Bergmann quimicos suecos , han descubierto últimamente que esta materia es la cal de un metal particular distinto de todos los demas que se conocen , y han dado medios para reducirla al estado metálico , é indagado varias de sus propiedades , como puede verse en el segundo tomo de los opúsculos fisico quimicos del segundo. Este ilustre escritor ha dado el nombre de magnesium á este nuevo metal.

despues picante y amargo, que ocasionaba una sensacion desagradable en la garganta, y cuya disolucion en el agua hacia rojear el papel azul de girasol. No pudimos determinar por entonces con exâctitud la cantidad de este precipitado, porque observamos que se disolvía bastante en las aguas de *locion*. Indagaremos mas adelante su naturaleza.

#### §. V.

I. Logrados estos resultados por la via seca, pasamos á exâminar esta materia por la húmeda, y para esto pusimos en una redoma de vidrio cien granos de volfram molido, sobre el qual echamos una porcion suficiente de ácido marino, para cubrir el polvo hasta el grueso de un dedo. Esta redoma la colo-

---

tomándolo del nombre *magnesia*, que ordinariamente se dá en latin á su mineral, y haciéndolo neutro para distinguirlo de una tierra particular que tiene este mismo nombre. Nosotros podemos evitar este equívoco, llamando *alabandina* al metal, y al mineral *cal. de alabandina*, con especificacion del hierro ú otras materias con que se halle mezclado, y conservar el nombre de *magnesia* á la tierra. En este sentido emplearemos á lo menos por ahora estas voces.

locamos en un baño de arena ; y habiendo hecho hervir el licor durante una hora , observamos que el polvo se volvía amarillo. Esta particularidad , y las propiedades ácidas que reconocimos en el precipitado blanco ( §. IV. n. 5. ) nos hicieron sospesar desde luego que la materia de que provenía este color podría ser el producto particular que Scheele químico sueco , ha encontrado nuevamente en una piedra llamada *tungstene* ó piedra pesada. ( k )

Nuestra sospecha se hizo mas verosímil quando habiendo dexado reposarse el polvo , decantado el licor ácido , y *edulcorado* el residuo con agua destilada , echando despues alkali volátil caústico , desapareció al instante el color amarillo , y quedó diáfano el licor. En vista de esto decantamos este líquido , y despues de haber *edulcorado* el residuo con agua destilada , lo volvimos á hacer hervir con nuevo ácido , que presentó los mismos fenomenos que el primero , y lo mismo el alkali volátil con que se repitió despues la operación anterior , y así alternamos con el ácido

---

( k ) Journal de phisique. Fevrier 1783.

do y el alkali volátil , hasta que solo quedó un poco de polvo , que ni en el uno ni en el otro quiso disolverse , y el qual pesaba dos granos.

2. Este pequeño residuo era en parte quartzoso , y en parte parecía cal de estaño por el color lacteo que quedaba al enfriarse al vidrio , formado por medio del soplete con esta materia y la sal microcós mica. Sin embargo no podemos asegurar que fuese verdaderamente estaño , porque su pequeña cantidad no permitió el hacer los experimentos necesarios para confirmarlo.

3. Despues juntamos las disoluciones ácidas con sus aguas de locion correspondientes , y las hicimos evaporar hasta reducir las á unas quatro onzas , y lo mismo se hizo con las alkalinas , pero éstas no se evaporaron.

4. Dispusimos del mismo modo otras dos disoluciones por el ácido vitriólico , y por el nitroso , de las cuales la primera tomó un color azul , y la segunda amarillo , lo que nos confirmó aun mas en lo que sospechabamos; pero como estas disoluciones se hacian con mas lentitud que la marina , las abandonamos, para seguir con ésta nuestras indagaciones.

5. Tomamos despues la octáva parte de la disolucion ácida , ( §. V. n. 3. ) y habiéndola ensayado con el alkali prusiano nos dió un azul muy abundante ; pero conociendo que en esta disolucion habria alabandina , y sabiendo que ésta se precipita juntamente con el hierro , recurrimos á otro medio , por el qual pudiesen separarse estas dos materias. ( 1 ) Para esto tomamos la disolucion restante , en la qual echamos una onza de ácido marino. Como habia disminuido mucho por esta operacion

H

( pues

( 1 ) Bergmann propone dos métodos para hacer esta separacion. El primero es evaporar á seco la disolucion , calcinar el residuo , y echar sobre él una porcion de ácido nitroso con un pedazo de azucar : en esta operacion el ácido disuelve facilmente la alabandina , y con dificultad el hierro. El segundo se reduce á precipitar ambos metales por medio del alkali prusiano ; de lo qual resulta que la alabandina que se combina con la parte colorante del azul de prusia , forma un compuesto soluble en el agua , y así puede separarse del hierro por los lavages ; pero ambos métodos tienen sus inconvenientes. En el primero el ácido nitroso disuelve parte del hierro , y no es enteramente exácto : y el segundo , aunque indica con facilidad la cantidad de hierro , como la alabandina , vá mezclada en las aguas con la sal neutra que se ha formado en la precipitacion , no es posible determinar su cantidad , sino con mucho trabajo ; por lo que el método que hemos empleado nos ha parecido mas á proposito para este fin.

( pues fue preciso reducirlo casi á seco ) echamos sobre el residuo quatro onzas de agua destilada , y despues de haber saturado el exceso de ácido con alkali fixo hasta que empezaba á enturbiarse el licor , pusimos la redoma en un baño de arena , y la hicimos hervir por espacio de un quarto de hora. Al passo que se calentaba la disolucion se formó un precipitado muy abundante , y habiéndola filtrado pasó clara y sin color , y lo que quedó sobre el filtro , que pesaba doce granos, era atraible por el iman despues de calcinado, y el vidrio que formó con la sal microcósmica no dió indicio alguno de contener alabandina.

6. Habiendo exâminado despues la disolucion clara por medio de unas gotas de alkali prusiano dió un precipitado pardusco , sin el menor átomo de azul ; por lo que pasamos á precipitarla enteramente , sirviendonos del alkali fixo vegetal no cáustico , y esto se hizo en tres tiempos , haciendo dar cada vez un hervor al líquido. Los dos primeros precipitados ensayados por medio del soplete, dieron con la sal microcósmica vidrios de color carmesí como la alabandina mas pura en  
la

la llama exterior , y en la interior desaparecía el color , y quedaban diáfanos. El tercero daba tambien con esta sal un vidrio del mismo color , pero que enfriándose quedaba algo lácteo , y que en la llama interior se conservaba tambien blanquecino. Este fenomeno nos indicaba una porcion , aunque infinitamente pequeña , de tierra caliza , ó de cal de estaño en esta materia ; pero mas nos inclinamos á que fuese la primera , porque á ser cal de estaño no hubiera aguardado á precipitarse la última. En quanto á la tierra caliza tampoco podemos asegurar su origen ; acaso provendría de las aguas que habiamos empleado , sinembargo de haberse puesto el cuidado posible en su destilacion. Los tres precipitados reunidos pesaban veinte y quatro granos y medio , y por la calcinacion se reduxeron á diez y nueve y quarto de cal negra. Pero si añadimos á esto lo correspondiente á la octava parte de la disolucion que precipitamos separadamente por el alkali prusiano , el total de la alabandina en estado de cal negra será veinte y dos granos , y el del hierro trece y medio.

7. Acabado esto , tomamos la mitad de

H a

la

la disolucion alkalina ( §. V. n. 3. ), sobre la qual echamos gota á gota ácido nitroso muy desleido en agua , y se formó al instante un precipitado blanco copioso. Decantada la disolucion , se echó agua destilada sobre el precipitado para edulcorarlo ; pero viendo que se disolvía parte de él , y siendo nuestro ánimo determinar la cantidad , volvimos á echar sobre él la disolucion que habiamos decantado , para recoger lo que se habia disuelto , y la hicimos evaporar hasta que quedó en seco. Luego recogimos el residuo , y lo pusimos en una cazuelilla de barro dentro de la mufla de un horno de copela , y así se evaporó el nitro ammoniacal , y quedó una materia amarilla de color de azufre , que pesaba veinte y ocho granos. Como esta cantidad provenía de la mitad de la disolucion , resultaba que los cien granos de volfram , contenian cincuenta y seis de esta materia ; pero habiendo observado que el ondon de la cazuelilla quedaba amarillo la rompimos , y vimos que esta materia habia penetrado el barro del grueso de una linea ; por lo que repetimos esta operacion , sirviéndonos de un fondo de matras de vidrio en lugar de cazuelilla,

y nos aseguramos de este modo que el volfram contiene unos sesenta y cinco por ciento de esta materia.

De estos mismos ensayos repetidos varias veces así por la via seca , como por la húmeda resulta que el volfram está compuesto de alabandina , hierro , y una materia amarilla , cuyas propiedades expondremos luego. En quanto al cuarzo , y el poco de estaño que hemos sospechado en el residuo insoluble , creemos deban mirarse mas como partes extrañas que esenciales á la composicion del volfram ; pues no será mucho que proviniendo esta materia de unas minas de estaño , en que la matriz ordinaria es cuarzo , se hallen mezclados con ella algunos átomos de estos dos , de modo que se hagan imperceptibles á la vista.

La proporcion de estos principios por la via húmeda es en cien granos de volfram.

Alabandina en estado de cal negra. . . . . 22. granos.

Cal de hierro. . . . .  $13\frac{1}{2}$

De la materia amarilla. 65.

Re:

( 62 )

Residuo de cuarzo y es-  
taño.    y    .    .    .    .    .    .    Oz.  
-----  
102.  $\frac{1}{2}$   
-----

Aunque el producto en hierro y alabandina por esta vía parezca mayor que el que sacamos por la seca, que solo eran quarenta y seis granos en todo, sin embargo de que el ácido marino volatiliza siempre algo de hierro, debe considerarse que el crisol no pudo lavarse tan perfectamente que no quedase algo pegado á sus paredes, y que además de esto el hierro y la alabandina, logrados por la vía seca, se acercan al estado regulino, y que los de la húmeda están mas calcinados. De esto mismo proviene que la suma de los productos que aquí se indican es mayor que la de los cien granos de volfram de que provienen. La materia amarilla contribuirá tambien algo á esta diferencia; pues no sabemos si en el volfram se halla precisamente en este mismo estado.

Para completar este analisis sería preciso

so formar de nuevo el volfram , reuniendo estos principios en las proporciones en que los hemos hallado ; pero esta es una operacion que no hemos podido llegar á efectuar. No hemos hallado , ni vemos ningun medio para hacerlo por la via húmeda , y la dificultad de fundir el hierro y la alabandina , y aun mas la materia amarilla , ( que es mayor como se verá luego ) son obstáculos que no hemos podido vencer para lograr nuestro intento por la via seca.

El exámen que hemos hecho de esta materia amarilla del precipitado blanco , producido por el ácido nitroso en la disolucion alcalina fixa , ( §. IV. num. 5. ) y del que ocasionó el mismo ácido en la disolucion alcalina volátil , ( §. V. num. 7. ) nos ha acabado de convencer que estos productos son enteramente semejantes á los que obtuvo Scheele ( *m* ) en su analisis de la piedra pesada , y para mayor seguridad los hemos comparado con los que hemos sacado por el mismo método de una piedra pesada de las minas de  
*Schlag-*

*Schlackenwalde* en la Bohemia ( *n* ), y se han hallado ser la misma cosa. Sin embargo no podemos disimular que nuestras experiencias nos han hecho ver que lo que dicho autor y Bergmann han mirado como sal simple ácida, es una sal muy compuesta, que varía según los procedimientos que se emplean para formarla, como se verá por los experimentos siguientes hechos con la materia amarilla.

#### §. VI.

Para poder hacer con formalidad este exámen nos propusimos recoger una buena porcion de esta materia amarilla. Con este fin fundimos seis onzas de volfram con otro tanto de alkali vegetal, disolvimos esta mezcla en agua destilada, filtramos el licor, y lo evaporamos á seco. De este modo logramos una sal blanca, sobre la qual echamos, despues de haberla molido bien, ácido nítrico, y se puso á hervir en un baño de arena, y con esta operacion se volvió amarillo el  
pol-

---

( *n* ) Cien granos de esta piedra dieron sesenta y ocho de materia amarilla, y treinta de cal.

( 65 )

polvo. Decantamos despues el licor , y echamos sobre el residuo nuevo ácido , con el qual hicimos lo mismo que con el anterior , y esto se repitió tercera vez , para despojarlo de todo el alkali. El polvo que quedó lo calcinamos en la mufla de un horno de copenela , y salió muy amarillo y puro.

### §. V I I.

1. Esta materia es enteramente insípida, y su pesadez específica es :: 1 ; 6 , 12. ( 0 )

I

En-

---

( 0 ) El método que hemos empleado para determinar la pesadez específica , así de esta materia , como de otras que veremos luego , es el siguiente : primero , se pone un frasquito de cristal bien seco en uno de los platos de una balanza delicada , y en el otro perdigones , ú otra qualquiera materia para hacer equilibrio , se introduce despues en él en pedacitos , ó en polvo una porción de la materia sólida , cuyo peso específico se quiere conocer , y se tiene cuenta de su peso. Segundo , despues se llena el frasco de agua destilada , dexando dentro la materia que se exâmina , se anota el peso total de las dos , se substrahe de él el de la materia sólida , y la resta indica el peso del agua. Tercero , hecho esto se vacia la botella , se limpia bien , se vuelve á llenar de agua destilada , y se pesa. Substrayendo del peso del agua de esta tercera operacion el del agua de la segunda , la resta es el peso del agua que ocupaba en la tercera

2. Ensayada por sí sola con el soplete se conserva amarilla en la llama exterior, aunque sea sobre un carbon; pero en la interior se vuelve negra, y se hincha, pero no se funde.

3. Con la sal microc6smica hace efervescencia, y forma en la llama interior un vidrio

operacion el mismo espacio que la materia s6lida en la segunda, y por consiguiente de volumen igual al suyos y comparando esta resta con el peso de la materia s6lida, el resultado es la pesadez espec6fica de 6sta.

Este m6todo d6 en general mayor pesadez espec6fica 6 los cuerpos, que la balanza hidrost6tica, porque examin6ndose en pedazos peque6os se disminuye mucho el n6mero de sus poros; y as6 el volfram, que por la balanza hidrost6tica d6 6, 835, como queda dicho en su descripci6n, por este otro m6todo d6 6, 931, reduci6ndolo 6 pedacitos del grosor de una lenteja. Con las materias reducidas 6 polvo fino, los resultados no son tan ex6ctos y constantes: unas tienen mas peso espec6fico que quando est6n en pedacitos, y otras menos. Esta diferencia proviene de que en las que d6n un resultado menor es dif6cil, por mas que se revuelva el frasco, que el agua llene bien todos los intersticios que quedan entre los granos del polvo; por esto el volfram reducido 6 polvo d6 un resultado menor que por la balanza hidrost6tica: y en quanto 6 la mayor pesadez espec6fica en polvo que en pedazos, solo se observa en las materias que en estado s6lido son muy porosas, y en las que tienen alguna afinidad con el agua, que llena entonces bien todos los intersticios.

drío transparente de color azul , mas ó menos intenso, segun la proporcion , pero sin mezcla de roxo. En la exterior se desvanece enteramente el color , pero vuelve á recobrarlo en la interior. Si se repite muchas veces esta alternativa , ó se mantiene largo tiempo en qualquiera de las dos llamas sobre un carbon , llega á perder de tal modo el color , que es imposible el volvérselo á dar. Este efecto proviene del alkali de las cenizas , que por su combinacion le quita el color , como sucede añadiendo un poco el alkali fixo , ó de nitro á un globulo del mismo vidrio nuevamente formado , y cuyo color sea intenso , pues al instante lo dexan diáfano.

4. Con el borax hace tambien efervescencia , y forma un vidrio amarillo pardusco y transparente , que conserva este color en ambas llamas.

5. Con el alkali mineral hace tambien efervescencia , y se combina sin presentar fenomeno particular.

## §. V I I I.

I. Esta materia no se disuelve en el agua,

pero triturándola con ella forma una emulsion , que atraviesa los filtros sin aclararse , y se mantiene largo tiempo sin depositarse. Solo se observa quando está muy cargada , que al cabo de algunos dias se forma hácia el hondon una nube mas densa que en lo demas del frasco , y al cabo de tres meses se conserva aun algo turbia.

2. Los ácidos vitriólico , nítrico y marino no tienen ninguna accion sobre ella , ni basta la trituracion para que se deslíe y forme con ellos una emulsion. El ácido acetoso le dá un color azul , pero no la disuelve.

3. Esta materia se disuelve enteramente en el alkali vegetal cáustico , no solo por la via seca , sino tambien por la húmeda , pero el resultado sale siempre con exceso de alkali. Si sobre esta disolucion se echan unas gotas de ácido nítrico , se forma al instante un precipitado blanco , que se vuelve á disolver agitando el licor , y echando de nuevo ácido vuelve á presentar el mismo fenomeno , y esto dura mientras la disolucion conserva exceso de alkali , pero el licor adquiere á proporcion mas amargura. Si se echa mas ácido de lo necesario para saturar este exceso , el  
pre-

precipitado que se forma no se redisuelve por mas que se revuelva , y filtrando la disolucion en este estado , queda sobre el filtro una sal blanca , y el licor que pasa claro , contiene nitro , y una porcion de esta misma sal. La sal que queda sobre el filtro tiene despues de edulcorada un sabor dulce al principio, y despues picante y amargo , y produce una sensacion desagradable en la garganta : se disuelve en el agua , y su disolucion hace ro-  
 jear el papel azul de girasol.

Esta sal es semejante á la que sacamos por medio del ácido nitroso de la disolucion alcalina ( §. IV. num. 5. ) , y es tambien la misma que obtuvo Scheel en su analisis de la piedra pesada ( §. I. let. f. ) ; á la qual dió el nombre de ácido , mirándola como un ácido simple. Aunque convenimos en que contiene un ácido , vamos á hacer ver que está combinado con una porcion de alkali , y del ácido precipitante , y que solo en este estado tiene propiedades ácidas.

### §. I X.

Las propiedades de esta sal varían bastante

tante segun las circunstancias que acompañan á la precipitacion , como podrá conocerse por lo que sigue.

1. Con el soplete se funde por sí sola , y con los fundentes presenta los mismos fenomenos que la materia amarilla.

2. Puesta á calcinar en una cazuelilla, despide un olor de ácido nitroso , y se vuelve amarilla ; pero enfriándose queda blanca , insípida é insoluble , y éste residuo se funde por sí solo con el soplete.

3. Echando sobre una porcion de esta sal qualquiera de los ácidos vitriólico , nitroso ó marino , le dán un color amarillo , y en la disolucion filtrada se encuentra una sal neutra á base de alkali vegetal , respectiva al ácido que se ha empleado. Si esta operacion se hace en una retorta , y se emplea el ácido vitriólico , pasa al recipiente una porcion de ácido nitroso.

Si en lugar de echar el ácido sobre la sal , se echa sobre su disolucion , no se forma precipitado , ni aun haciendo hervir el licor , si es poca la cantidad de ácido ; pero la disolucion pierde el sabor dulce , y adquiere mas amargura. Si se echa ácido en abundan-

dancia, y se hace hervir el licor, se forma un precipitado amarillo semejante en todo á la materia amarilla que empleamos para formar esta sal. (§. VIII. num. 3.)

4. El ácido acetoso, ó vinagre destilado disuelve enteramente esta sal por medio de la ebullicion, y dexando enfriar despues la disolucion se deposita en las paredes del vaso una materia blanca tenaz como la cera, que lavada y amasada entre los dedos forma una masa glutinosa como la liga, la qual produce en la lengua una impresion mantecosa muy dulce, y dexándola al ayre toma un color pardo obscuro, pierde su tenacidad, y adquiere un sabor amargo. Esta materia se disuelve en el agua, y le dá un gusto dulce al principio, y despues amargo; hace rojear el papel azul de girasol, y tiene las demas propiedades de la sal precedente, excepto que se vuelve azul con el ácido vitriólico, y que precipita el vitriolo de cobre. No podemos asegurar si ademas de la parte metálica del alkali, y del ácido acetoso, conserva esta sal algo de ácido nitroso; pero lo cierto es que hemos logrado una sal absolutamente

semejante , empleando el ácido acetoso en lugar del nitroso en la precipitacion de la disolucion del polvo amarillo en el alkali fixo del modo siguiente.

Evaporamos á seco esta disolucion alkaliná , echamos sobre el residuo ácido acetoso ; y habiéndolo hecho hervir , se disolvió la mayor parte. Decantamos al instante el licor , y dexándolo enfriar se formaron unos cristales en figura de barbas de pluma ; y habiéndolos edulcorado despues de separado el líquido , observamos que tenian un gusto dulce , aunque no tan sobresaliente como el de la sal anterior , y despues amargo : su disolucion hacia rojear el papel azul , y el espíritu de vino la precipitaba , pero quedaba emulsiva. El residuo que quedó sin disolverse era de la misma naturaleza. Estos mismos cristales puestos en digestion con nuevo ácido acetoso , se disolvieron , y le dieron un color azul ; pero habiéndolo dexado enfriar , desapareció poco á poco este color , y se depositó en las paredes del vaso una materia glutinosa , que tenia las mismas propiedades que la de antes. Si en lugar de dexar enfriar esta disolucion se continúa en hacerla hervir , desapare-

ce el color azul , y no se precipita nada , ni aun al enfriarse ; y continuando la ebullicion hasta concentrarla casi á seco , y echando espíritu de vino para separar la sal acetosa alkalina que ha podido formarse , se precipita un polvo blanco , que despues de edulcorado con nuevo espíritu de vino , tiene un gusto amarguísimo , y es muy soluble en el agua , y esta disolucion no hace rojear el papel azul de girasol , ni azulear el que está preparado con el vinagre. Con el soplete presenta los mismos fenomenos que las sales acetosas precedentes : con el ácido vitriólico se vuelve azul su disolucion : con el vitriolo de cobre se precipita blanco : y en fin en todo lo demas no se distingue de ellas. Todas estas sales se vuelven por la calcinacion primero azules , y despues amarillas , y enfriándose quedan blancas.

Parece que en estas sales , aunque compuestas todas de los mismos principios , es á saber de la parte metálica , de alkali , y de ácido acetoso , sus diferentes proporciones , y el estado de combinacion mas ó menos perfecto , son la causa de la diversidad de sus sabores , y pequeña diferencia en las demas

propiedades. Estas partes constituyentes se han descubierto del modo siguiente.

Habiendo echado sobre la disolucion así del precipitado formado por el ácido nítrico (§. VIII. num. 3. ), como de estas sales obtenidas por medio del ácido acetoso, una porcion de agua de cal, se formaron unos precipitados blancos, y todos eran una verdadera piedra pesada reengendrada. Habiendo echado despues sobre los licores filtrados ácido aereo, para precipitar la cal que les quedaba; y habiéndolos hecho hervir, así para efectuar mejor esta precipitacion, como para despojarlos del exceso de ácido aereo que tenian, encontramos en las disoluciones despues de filtradas y evaporadas á seco sales neutras, que en la que provenía de la precipitacion por el ácido nítrico eran nitro á base alcalina, y nitro calizo, y en las que resultaban del ácido acetoso en las dulces sal acetosa alcalina, y en la amarga esta misma sal, y una porcion de alkali aereado; lo que prueba que en todas ellas habia alkali, y el ácido empleado para su precipitacion.

6. Echando sobre la disolucion del precipitado formado por el ácido nítrico (§. VIII. num.

num. 3. ) las disoluciones vitriólicas de hierro, cobre y zinc, las de sal marina mercurial, alumbre y alkali prusiano, no resulta ningun precipitado; pero el nitro calizo, y las sales acetosas de cobre y plomo dán precipitados blancos. El alkali prusiano no forma tampoco precipitado con las sales acetosas. ( §. IX. num. 4. )

Estos experimentos prueban suficientemente que esta sal no es un ácido simple, sino una sal compuesta de la materia amarilla, alkali fixo, y del ácido precipitante. La combinacion de esta materia amarilla con el alkali volátil, cuyas propiedades son muy semejantes á las de la sal anterior, acabará de aclarar este punto, haciendo ver que el ácido que ha logrado Scheele de la descomposicion de la piedra pesada por la via húmeda, es tambien una sal compuesta.

## §. X.

1. El polvo amarillo se disuelve tambien enteramente en el alkali volátil; pero esta disolucion sale siempre con exceso de alkali.

2. Esta disolucion la pusimos á evaporar

K 2

en

en un baño de arena , y se formaron unos cristalillos en forma de agujas , que tenian un sabor picante y amargo , y hacian una impresion desagradable en la garganta , y su disolucion hacia rojear el papel azul de girasol. El licor que los cubría adquirió las mismas propiedades. Habiendo repetido esta operacion con diferentes porciones de estos mismos cristales , dexando las unas mas tiempo en el fuego que las otras , logramos disoluciones con tanto mas exceso de ácido , quanto mas tiempo sufrieron el fuego , y durante esta operacion despedian todas un olor de alkali volátil.

Estos cristales perdieron su alkali volátil por la calcinacion , y el residuo que quedó era un polvo amarillo enteramente semejante al que empleamos para formar esta disolucion , y habiendo hecho esta operacion en una retorta , el polvo que quedó era azul. Esta sal precipita las sales vitriólicas de hierro , cobre , zinc , y el alumbre , el nitro calizo , la sal marina mercurial , las sales acetosas de plomo y cobre , y con el agua de cal reengendra la piedra pesada. El ácido vitriólico la descompone , y dá un precipitado azul , el nitroso y el marino lo dán amarillo. El alkali

li prusiano no ocasiona ningun precipitado.

3. Habiendo echado ácido nitroso sobre otra porcion de la disolucion, con exceso de alkali, se precipitó un polvo blanco, que despues de bien edulcorado tenia un sabor dulce al principio, y despues picante y amargo, y su disolucion hacia rojear el papel azul de girasol. Esta sal es enteramente semejante al precipitado blanco que obtuvimos en el analisis de volfram (§. V. num. 7.), y el ácido que sacó Scheele de la piedra pesada §. III. let. c. y d. de su memoria.

Esta sal es semejante á la que obtuvimos de la disolucion alkalina fixa (§. IX. num. 3.), excepto en las propiedades siguientes: 1<sup>a</sup>. que su disolucion se descompone haciéndola hervir, se vuelve emulsiva de color azul, y se precipita un polvo azul sin propiedades salinas: 2<sup>a</sup>. que por la calcinacion se vuelve amarilla, y en vasija cerrada azul, y este residuo no se funde con el soplete: 3<sup>a</sup>. que con el ácido vitriólico se vuelve azul: 4<sup>a</sup>. que con el alkali fixo despide un olor de alkali volátil: 5<sup>a</sup>. que con el agua de cal, ademas de formar una piedra pesada reengrendrada, despide al mismo tiempo olor de alkali volátil,

y evaporado el licor, despues de decantado, dá solamente nitro calizo. En fin esta combinacion es mucho mas débil que la del alkali fixo. Esto prueba que esta sal es tambien una sal triple formada del polvo amarillo de alkali volátil, y del ácido precipitante, y que así de ningun modo debe mirarse como ácido simple.

Sin embargo no podemos menos de hacer justicia á los Señores Scheele y Bergman. Sabemos que la piedra pesada, de la qual han sacado estos productos, es un fosil muy raro, y poco conocido, y nos consta particularmente que han tenido muy poca cantidad para hacer con formalidad su exámen; pues de lo contrario no hubieran dexado de indagar sus propiedades con la exâctitud y sagacidad que reynan en sus obras maestras. Continuemos ahora con la materia amarilla.

## §. X I.

I. Este polvo se vuelve azul dexándolo en un parage claro, y con mucha mas pron-titud exponiéndolo al sol, y el azul es mas intenso en este último caso.

Ha-

2. Habiendo tenido á un fuego fuerte durante media hora cien granos del mismo polvo en un crisol de Zamora bien tapado, salió una masa esponjosa de un negro azulado, cuya superficie estaba cristalizada en agujas finas como la mina de antimonio plumosa, y el interior compacto, y del mismo color. Era bastante dura para no poderse despedazar con los dedos, y moliéndola se reduxo á polvo de color azul obscuro. No pudimos saber con exáctitud su diminucion, por haberse empapado una parte en la masa del crisol. Su pesadez específica era en pedacitos :: 1 : 5, 7, y en polvo :: 1 : 9, 55. (p) Triturando este polvo con agua se formó una emulsion azul, que pasó por los filtros sin aclararse. Calcinándolo en la mufla de un horno de copela se volvió amarillo con  $\frac{2}{100}$  de aumento en su peso.

3. Habiendo mezclado cien granos del mismo polvo con otros ciento de azufre, y habiendo puesto esta mezcla en un crisol de

---

(p) Este es un exemplo de la mayor pesadez específica en polvo que en masa, por ser esta materia muy esponjosa en este último estado.

de Zamora, á un fuego fuerte por espacio de un quarto de hora, salió una masa de un azul obscuro, que podia despedazarse con los dedos, y cuyo interior presentaba una cristalización en agujas finas como las precedentes, pero transparentes, y de color de lapiz lázuli obscuro. Esta masa pesaba quarenta y dos granos, y puesta sobre unas ascuas, no despedia olor de azufre.

4. Habiendo puesto otros cien granos de este polvo en un crisol de Zamora, guarnecido con carbonilla, y bien tapado, á un fuego fuerte, en el qual estuvo hora y media, encontramos rompiendo al crisol despues de enfriado, ( *q* ) un boton que se reducía á polvo entre los dedos. Su color era gris, y examinándolo con un lente, se veía un conjunto de globos metálicos, entre los quales habia algunos del tamaño de una cabeza de alfiler, cuya fractura era metálica, y de color de acero. Pesaba sesenta granos, y por consiguiente habia disminuido quarenta. Su pesadez es-

pe-

---

( *q* ) La primera vez que hicimos este experimento rompimos el crisol, sin dexarlo enfriar enteramente; y así que tuvo la materia contacto con el ayre, se encendió, y su color gris se volvió en un instante amarillo.

( 81 )

pecífica era : : 1 : 17 , 6 . Habiendo puesto parte de él á calcinar , se volvió amarillo con  $\frac{24}{100}$  de aumento de peso . Habiendo

puesto una porcion de este polvo en digestion con el ácido vitriólico , y otra con ácido marino , no padecieron ambas mas alteracion que

la de disminuir  $\frac{2}{100}$  de su peso ; pues decan-

tado el licor , y exâminando el polvo con un lente , se reconocian aun los granos con aspecto metálico . Ambos licores ácidos daban con el alkali prusiano un precipitado azul ; lo que nos dió á conocer que la pequeña disminucion provenía de una porcion de hierro , que sin duda recibió el boton del polvo del carbon en que se envolvió . El ácido nitroso , y el agua régia estrageron tambien de otras dos porciones la parte de hierro ; pero ademas las convirtieron en polvo amarillo enteramente semejante al que empleamos para esta operacion .

## §. X I L

Habiendo puesto cien granos de oro,  
L y

y cincuenta del polvo amarillo en un crisol de Zamora guarnecido con carbonilla, y habiéndolo tenido en un fuego fuerte por espacio de tres quartos de hora, salió un boton amarillo, que se despedazaba entre los dedos, cuyo interior presentaba granos de oro separados de otros de color gris; lo que indicaba no habia habido fundicion perfecta, pero tambien al mismo tiempo que esta materia hacia mas refractario al oro; pues el calor que sufrió era mucho mas que suficiente para fundir este metal. Este boton pesaba ciento treinta y nueve granos, y por consiguiente hubo una disminucion de once granos. Habiendo copelado este boton con plomo, quedó el oro puro en la copela; pero esta operacion se hizo con bastante dificultad.

2. Habiendo hecho una mezcla de plata y polvo amarillo en las proporciones precedentes, y habiéndola expuesto á un fuego fuerte con las mismas circunstancias durante cinco quartos de hora, salió un boton, que se desmoronaba con facilidad entre los dedos, y en el qual se observaban los granos de la platina mas blancos que lo regular, y algunos de ellos notablemente mudados en quanto

to

ro á su figura. Este boton pesaba ciento y quarenta granos , y por consiguiente hubo una disminucion de diez granos. Habiéndolo puesto á calcinar tomó un color amarillo con muy poco aumento de peso ; y habiéndolo lavado despues para separar la platina , quedaron ciento diez y ocho granos de ésta con color negro : puesta esta porcion de nuevo á calcinar á un fuego fuerte en una mufla , no sufrió alteracion sensible en el peso ni en el color ; pues ni amarilleaba , ni tenia el color gris de la platina , sino que se conservó negra como se puso. Es de advertir que en los lavages no se puso tanto cuidado en recoger toda la platina , como en despejarla bien del color amarillo , que por esta razon las aguas de locion se llevaron parte del polvo fino negro , y por consiguiente el aumento que conservó la platina despues de lavada y calcinada segunda vez , debe computarse en mas de los diez y ocho granos que indicaba por su peso.

Habiendo mezclado el polvo amarillo con los demas metales en las mismas proporciones que con los precedentes , y habiéndolos tratado del mismo modo , nos dieron los resultados siguientes.

L 2

Con

3. Con la plata formó un boton blanco gris algo esponjoso , que con algunos golpes de martillo se estendía bastante ; pero continuándolos se hendía y despedazaba. Este boton pesaba ciento quarenta y dos granos , y es la aligacion mas perfecta que hemos logrado despues de la del hierro.

4. Con el cobre dió un boton de un roxo de cobre , que tiraba al gris esponjoso bastante ductil , y pesaba ciento treinta y tres granos.

5. Con el hierro crudo ó colado de calidad blanca dió un boton perfecto , cuya fractura era compacta , y de color blanco gris. Era duro , agrio , y pesaba ciento treinta y siete granos.

6. Con el plomo formó un boton de un gris obscuro con muy poco lustre , esponjoso , muy ductil , y que al martillarle se abria en hojas. Pesaba ciento veinte y siete granos.

7. El boton formado con el estaño era de un gris mas claro que el del precedente , muy esponjoso , algo ductil , y pesaba ciento treinta y ocho granos.

8. El del antimonio era de color gris , resplandeciente , algo esponjoso , agrio ,

y se despedazaba con facilidad. Pesaba ciento y ocho granos.

9. El del bismuto presentaba una fractura, que mirándola en cierta direccion era gris con lustre metálico, y mudando de direccion parecía terrosa, y sin lustre alguno; pero en ambos casos se distinguía una infinidad de agujeros esparcidos en toda la masa. Este boton era bastante duro, agrio, y pesaba sesenta y ocho granos.

11. Con el mineral de la alabandina dió un boton de color gris azulado, y aspecto terroso, y su interior exâminándolo con un lente se asemejaba á una escoria de hierro impura. Pesaba ciento y siete granos.

### §. X I I I.

Estos experimentos realizan las sospechas de Bergmann, que considerando la pesadez específica de esta materia, y la propiedad de colorar la sal microcósmica, y el borax, congetura (r) que es de naturaleza metálica. La mudanza de su color al paso que se  
car-

---

( r ) Journal de phisique Fevrier 1783.

carga de flogisto : la disminucion de peso absoluto , y aumento de pesadez específica en la misma proporcion : el aspecto metálico que recibe á un fuego fuerte con la carbonilla , y las propiedades que presenta en este estado: las diferentes aligaciones mas ó menos perfectas que forma con los metales : y la disminucion de pesadez específica , y aumento de peso absoluto á medida que disminuye en su combinacion el flogisto , son pruebas incontestables de su naturaleza metálica. El polvo amarillo debemos pues considerarlo como una cal metálica , y el boton regulino que se logra combinando este polvo con el flogisto por medio de la carbonilla , como un verdadero metal. Pero ademas de estos dos estados puede este metal , como el arsénico , reducirse á ácido ; pues aunque no hemos podido lograrlo hásta ahora libre de toda combinacion con propiedades verdaderamente ácidas , las combinaciones que forma con los alkalis , y sobrerodo con el volátil , cuyo compuesto presenta propiedades ácidas , nada equívocas , son suficientes para asegurar que verdaderamente toma el estado ácido , y tal vez multiplicando los experimentos , podrá

drá descubrirse en breve el método para tenerlo puro , como se ha hecho con el ácido arsenical.

Este metal presenta varias propiedades, que lo distinguen de todos los demas que se conocen , como son : 1º. su pesadez específica que es :: 1 : 17 , 6 . : 2º. los vidrios que forma con los fundentes : 3º. la dificultad en fundirse , que es mayor que la de la alabandina : 4º. el color amarillo de la cal que dá por la calcinacion , la qual no hemos podido llegar á fundir : 5º. las aligaciones con los demas metales , distintas de las que forman éstos entre sí : 6º. su insolubilidad á lo menos directa en los ácidos vitriólico , marino y nitroso , y en el agua régia , y el color amarillo que toma con estos dos últimos : 7º. la facilidad con que en este estado de cal se combina con los alkalis , y las sales que resultan de estas combinaciones : 8º. la emulsion que forma su cal triturándola con agua , aun quando tiene cierta cantidad de flogisto : 9º. la indisolubilidad de esta cal en los ácidos vitriólico , nitroso , marino y acetoso , y el color azul que toma con este último. Todas estas diferencias son bastante notables , para que

que podamos mirar esta materia metálica como un metal *sui generis*, distinto de todos los demas.

Daremos á este nuevo metal el nombre de volfram, tomándolo del de la materia, de la qual lo hemos sacado, y miraremos ésta como una mina, en que este metal está combinado con el hierro y la alabandina, como queda probado. Este nombre le corresponde mejor que el de tungusto ó tungsteno, que pudiéramos darle en atención á haber sido la tungstene ó piedra pesada la primera materia de que se ha sacado su cal, por ser el volfram un mineral que se conocia mucho antes que la piedra pesada, á lo menos mas generalmente entre los mineralogistas, y que el término volfram está ya recibido en casi todos los idiomas de Europa, aun en el mismo Sueco. Mudamos su terminacion m. en n. para acomodar mejor al genio de nuestra lengua las denominaciones de las sales que se forman con esta substancia, llamándolas sales volfránicas.

Este libro se acabó de imprimir  
el viernes 29 de septiembre de 2000,  
festividad de los Santos Arcángeles  
San Miguel, Gabriel y Rafael.

## Los hermanos Delhuyar, la Bascongada y el Wolframio. Cronología histórica (1718-1785)

- 1718 • Juan Delhuyar Surrut (padre de Juan José) nace en Hasparren (Francia).
- 1719 • Pedro González de Castejón Salazar Camargo y Gascón, primer Marqués González de Castejón, nace en Tudela (Navarra) el 24 de julio.
- 1729 • Xavier María de Munibe e Idiáquez, octavo Conde de Peñafloreda, nace en Azkoitia el 23 de octubre.
- 1754 • Juan José Delhuyar Lubice nace en Logroño el 15 de junio.
- 1755 • Fausto Fermín Delhuyar Lubice nace en Logroño el 11 de octubre.
- 1764 • El Conde de Peñafloreda junto con un grupo de caballeros ilustrados vascos fundan la Bascongada el 24 de diciembre en la villa de Azkoitia.
- 1767 • Gustavo III, rey de Suecia, entonces príncipe heredero de la Corona, nombra a Bergman catedrático de Química en la Universidad de Upsala en sustitución de Wallerius.
- 1771 • Aparece publicado el primer volumen de los *Extractos de las Juntas Generales* (Vitoria, septiembre).
- 1773 • El Rey Carlos III aprueba los Estatutos de la Bascongada para el gobierno de la Sociedad el 10 de agosto.
- 1776 • Se inaugura el Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara el 4 de noviembre.
- 1777 • Se crean las cátedras de *Química y Metalurgia*, y *Mineralogía y Ciencias Subterráneas* el 15 de septiembre.
- Juan José y Fausto Delhuyar regresan de París e ingresan en la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.
  - Ignacio de Montalbo y Juan José Delhuyar son contratados por la Bascongada para espiar el proceso de fabricar los cañones de la Marina en Carron (Escocia).
- 1778 • Se crea el *Laboratorium Chemicum* asociado al Real Seminario Patriótico Bascongado.
- Ignacio de Montalbo y Juan José Delhuyar salen hacia sus respectivos destinos.
  - François Chabaneau comienza en Bergara las clases de *Física* el 4 de noviembre.
- 1779 • Joseph-Louis Proust imparte la primera clase de *Química* en Bergara el 20 de mayo.
- 1781 • Torbern Olof Bergman publica, en las Actas de abril-junio de la Real Academia Sueca de Ciencias, un comentario sobre el trabajo realizado por Scheele sobre los componentes de la «piedra pesada» titulado *Tillägning om Tungsten*, es decir, *Addenda sobre la Piedra Pesada*.
- Fausto Delhuyar regresa a Bergara en el mes de octubre reclamado por la Bascongada. Juan José emprende viaje en solitario a Suecia.
  - Fausto Delhuyar imparte la primera clase de *Mineralogía* en Bergara el 5 de noviembre.
- 1782 • François Chabaneau consigue hacer maleable el platino.
- 1783 • Fallece el Marqués González de Castejón el 19 de marzo. Le sucede en el Ministerio de Marina, Antonio Valdés y Bazán.
- Juan José y Fausto Delhuyar se encuentran en Bergara en mayo o junio.
  - Juan José y Fausto Delhuyar presentan el trabajo científico sobre el aislamiento del wolframio en las Juntas Generales de la Bascongada celebradas en Vitoria el 28 de septiembre.
  - Juan José Delhuyar es nombrado Director General de Minas de Nueva Granada (hoy Colombia) el 15 de diciembre.
- 1784 • Torbern Olof Bergman fallece en Medevi (Suecia) el 8 de julio.
- Juan José Delhuyar se embarca hacia su nuevo destino en Nueva Granada el 18 de julio.
  - Juan Delhuyar Surrut fallece en Bayona el 15 de agosto.
- 1785 • Xavier María de Munibe e Idiáquez fallece en Bergara el 13 de enero.

La presente obra tiene por finalidad acercar al lector a una institución —la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País— y a dos ilustres científicos y Socios Literatos de la Bascongada: los hermanos Delhuyar, que colaboraron en el aislamiento de un nuevo metal difícil de separar —el wolframio—, lo que constituyó una de las gestas más impactantes en los ambientes científicos de la Europa del último tercio del siglo XVIII.

El trabajo original donde se da cuenta por vez primera del aislamiento del wolframio y se analiza minuciosamente el mineral wolframita,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , se titula: «Análisis químico del wolfram, y exámen de un nuevo metal, que entra en su composición». Fue presentado por Juan José y Fausto Delhuyar en las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País en Vitoria el 28 de septiembre de 1783 y apareció publicado en los *Extractos de las Juntas Generales de la Bascongada* en la sección correspondiente a las Comisiones Segundas de Ciencias y Artes útiles con el número I y estaba incluido entre las páginas 46 y 88.

A mediados del año 2000 se conocen 115 elementos químicos, y de ellos, tan sólo uno —el wolframio— se ha podido aislar en la península Ibérica. Debido a la gran dificultad de encontrar nuevos elementos superpesados, en la actualidad es impensable que en nuestros centros de investigación se descubra un nuevo elemento químico. De ahí que la contribución de la Bascongada y los hermanos Delhuyar sea una aportación singular al patrimonio científico de la humanidad.

La obra recoge varios artículos publicados en revistas científicas y conferencias dictadas por el autor —sólo o en colaboración— sobre los hermanos Delhuyar, la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País y el aislamiento del wolframio. Al final del libro se incluye la reproducción facsímil del artículo original de los hermanos Delhuyar, tal vez, uno de los mejores artículos científicos de todos los tiempos escrito en lengua española, donde sus autores describen con todo lujo de detalles el aislamiento del nuevo metal.



Madr. Salvador Carreras. 1913