



Fausto de Elhúyar (1755-1833).



Juan José de Elhúyar (1754-1796).

Retratos de los hermanos Elhúyar, descubridores del Volframio. Arriba, Fausto (1755-1833), cuando era Director General de la Minería de Méjico, a la edad de 33 años, pintado en Viena por Mengs. Este cuadro se conserva en el Consejo de la Minería de Madrid. Y abajo, Juan José (1754-1796), en Nueva Granada (según J. M. López Azcona. 1993).

Los hermanos Elhúyar, descubridores del Wolframio

**Ambos
intervinieron
en la
rehabilitación
de las
maltrechas
minerías de las
provincias
americanas:
Juan José
desde Nueva
Granada
y Fausto
desde Méjico**



Casa familiar, calle Santiago, Logroño (J. Palacios, 1983).

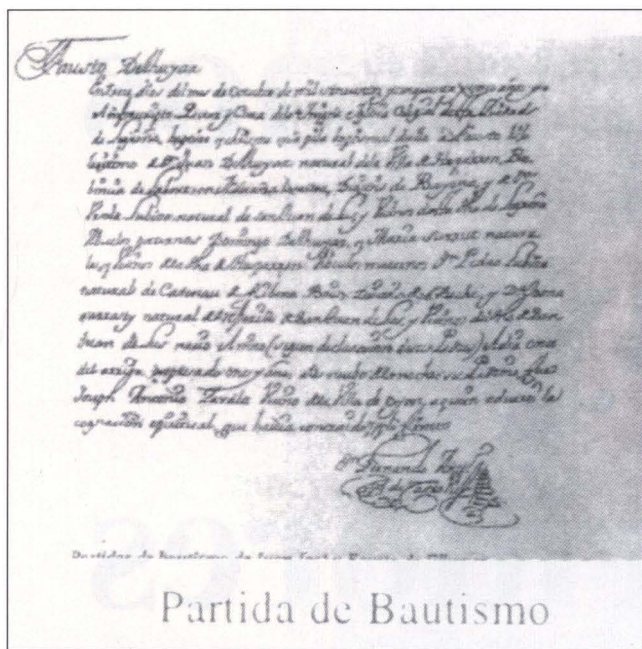
**A Fausto,
se le
considera
como
el impulsor
de la minería
española
del siglo XIX
y como uno
de los grandes
padres de
nuestra
ingeniería
moderna**

Introducción

Los hermanos Juan José y Fausto de Elhúyar son conocidos en la historia de la ingeniería española por el hecho relevante del descubrimiento del wolframio, en 1783. En nuestro país sólo se han identificado de forma pionera tres metales; así, al anterior, habría que sumar el hallazgo del vanadio o eritronio,

en 1801, por el ingeniero de minas madrileño Andrés Manuel del Río (1765-1849) y el del platino o la platina, entre 1564 y 1566, por el Superintendente de las minas mercuriales de Huancavelica, en el Virreinato de Perú, Antonio Cabrera.

Nuestros autores también intervinieron en los intentos, de la monarquía ilustrada, por rehabilitar la maltrecha



Partida de Bautismo de Fausto (según Palacios, J., 1994).

minería de las provincias americanas. Juan José desde Nueva Granada y Fausto desde México. A este último, tras su regreso a la patria con motivo de la independencia del país azteca, se le considera el impulsor del gran desarrollo de la minería española del XIX.

Estirpe de ingenieros químicos, mineros y metalúrgicos que ha sido estudiada por diversos autores. La primera reseña biográfica de Fausto que hemos conseguido aparece firmada por un desconocido V. de A. en el Boletín Oficial de Minas (1845), luego se irán publicando otros datos sobre los hermanos Elhúyar, por diversos autores tales como Maffei, E. y Rua de Figueroa, R. (1871), Maffei, E. (1877), Moldes, E. (1933), Gálvez-Cañero, A. (1933), López Sánchez AVECILLA, C. (1933), Ryden, S. (1954), Caycedo, B.J. (1964 y 1971), López Azcona, J.M. (1981, 1983 y 1985), Aragón de la Cruz, F. (1983), Puche, O. y Ayala, F.J. (1993), Palacios, J. (1992, 1994 y 1998), etc.

También existen diversos documentos en el Archivo General de Indias (AGI) y en el Archivo del Real Jardín Botánico (ARJB), concretamente en los papeles del botánico Celestino Mutis (que en 1994 el autor de este trabajo seleccionó e hizo copias para la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid). Sin embargo casi no hay datos en el amplísimo Fondo del Real Seminario de Vergara (FRSB), dependiente actualmente del Ayuntamiento de dicha localidad guipuzcoana, institución donde Fausto y Juan José de Elhúyar descubrieron el volframio y se dieron a conocer al Mundo. También hay algún dato en el Archivo Histórico del Palacio de la Minería de México (AHPM), así como en otros fondos documentales.

Los primeros años. Estudios en París

El médico francés Juan de Elhúyar (Jean D'Elhuyar, 1718-1784), natural de Hasparren, y su mujer Ursula de Subice (†1758) trasladaron su residencia a España a mediados del siglo XVIII, debido al mal momento político y

económico por el que pasaba el país vecino. Tras una breve estancia en Bilbao, D. Juan logra plaza de cirujano titular en el hospital de Logroño, trasladándose con la familia a La Rioja.

Allí nacieron los tres hijos del matrimonio: Juan José (1754), Fausto (1775) y María Lorenza (1757), falleciendo tempranamente la madre (1758). Tal vez por este hecho los hermanos siempre estuvieron muy unidos.

Juan José y Fausto iniciaron sus estudios en el centro denominado Estudio de Gramática, institución regida por los jesuitas. Tras completar su formación pasaron los dos hermanos a París, en 1772, para centrarse en los estudios de la Química y de la Metalurgia. Gracias al origen galo de sus ancestros no tuvieron grandes dificultades con la lengua en que se impartía la docencia.

Según López de Azcona, J.M. (1983) tuvieron la suerte de conocer, en la capital francesa, a Hilaire Marie Rouelle (1718-1799). Éste había sustituido en la enseñanza de la Química a su hermano Guillaume François (1703-1770), por motivo de su fallecimiento.

Guillaume François fue el primero en describir la conocida reacción de ácido más base igual a sal más agua, creando asimismo una importante escuela docimásica. Por las aulas de este sabio pasaría, entre otros, Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), considerado el padre de la Química, ya que definió la materia por su capacidad de ser pesada, así como por enunciar la ley de conservación de la masa y la de conservación de los elementos.

Juan José y Fausto fueron discípulos aventajados de Hilaire Marie colaborando con él en la confección de sus dos obras conocidas: *Tableau de l'analyse chimique* (1774) y *Opuscules physiques et chimiques* (1774).

También acudieron a las lecciones de Jean D'arcet (o Darcet, 1725-1779), Profesor del College Royal de la France, ensayista metalúrgico y descubridor de la aleación de Darcet (Bi-Pb-Sn, generada a baja temperatura, 95°C).

Juan José regresa a España en diciembre de 1777 (año en que se funda una de las primeras Escuelas de Ingeniería hispanas, la Academia de Minas de Almadén, precursora de la Escuela Especial de Minas de Madrid). En 1778 se produjo el retorno de Fausto.

En el Real Seminario Patriótico de Vergara

Por R.P. de 2 de abril de 1766 se crea la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País (RSB); es la pionera y el modelo de las Sociedades Económicas que van a poblar España durante el reinado de Carlos III, buscando sus promotores el desarrollo industrial y agrícola que permitiese abandonar el retraso secular del país.

Poco después, auspiciado por esta institución, vería la luz el Real Seminario Patriótico de Vergara (en aquella época había un gran patriotismo español en Euskadi). En el FRSB aún se conserva el *Extracto de las representaciones hechas al Consejo y de las deliberaciones de este supremo sobre el Seminario o Escuela Patriótica, sacado del registro de Institución* (1774) (Sig. C/117-05). Pero la idea es muy anterior, así otros documentos de interés serían el *Plan de la Escuela Patriótica: reflexiones previas* (10-XII-1770) (Sig. C/085-03), la *Reglamentación del Real Seminario*

**EXTRACTOS
DE LAS
JUNTAS GENERALES
CELEBRADAS
POR LA
REAL SOCIEDAD BASCONGADA
DE LOS
AMIGOS DEL PAÍS
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.

Publicación donde se informa por primera vez del descubrimiento del Wolframio.

Patriótico que incluye la "Idea Sucinta de la Escuela Patriótica proyectada por la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País" (1772) (Sig. C/035-09), etc. Todo se fue preparando para que por R. Cédula de 26 de marzo de 1778 se establecieron cátedras de Química, Mineralogía y Metalurgia, dotadas por el Rey con un sueldo de 30.000 reales anuales, así como con diversas partidas para material inventariable y fungible, encaminadas a la puesta en marcha de Gabinetes y Laboratorios.

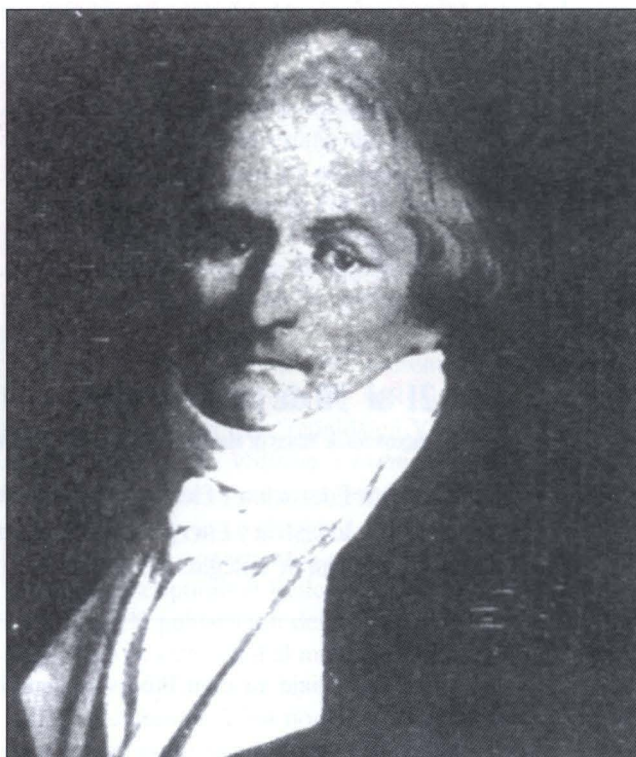
En junio de ese mismo año llega a Vergara Pierre François de Chabaneau (1754-1842) como Profesor de Física y Lengua Francesa, y en octubre hace lo mismo como profesor de Química Luis José Proust (1755-1826). Se trata de dos encomiables sabios, el primero por realizar, en Vergara, el primer análisis de la platina (Maffei, 1877). Parece ser que Chabaneau conseguiría también fundir lingotes de este refractario metal, en correspondencia con Guyton de Morveau (1737-1816), remitiendo algo de platino al orfebre parisino Jeanety, para que hiciese joyas. Ya en los *Extractos de las Juntas Generales de la RSB*, de 1775, se cita una carta de Chabaneau donde da cuenta de sus investigaciones sobre este metal. El segundo fue un químico reconocido, destacando por haber establecido la ley de las proporciones definidas. Curiosamente Proust había sido discípulo de Hilarie Marie Rouelle y tal vez coincidiese allí con los hermanos Elhúyar. Proust comienza la docencia el 20 de mayo de 1779, ya que con anterioridad tuvo que aprender el español. Este hecho supone el inicio de la enseñanza reglada de la Química en nuestro país. Pero a mediados de 1780, Proust retorna a París, sucediéndole en la Cátedra de Química su compañero Chabaneau.

Juan de Elhúyar, socio de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País desde 1777, pensamos que promovería la contratación de sus hijos como Profesores, resaltando los méritos adquiridos en la capital francesa.

El Ministro de Marina, Marqués González de Castejón (1719-1783), interesado en conocer las nuevas técnicas de fabricación de cañones por vaciado en hueco, que se estaban desarrollando en diversos puntos de Europa, especialmente en Carron, Escocia (Gran Bretaña), se dirige a los responsables del Real Seminario de Vergara. González de Castejón buscaba a una persona técnicamente preparada, cosa difícil en aquella época, para remitirlo de espía industrial a las fábricas de material bélico del Norte. El único centro docente de España donde se cursaban estudios metalúrgicos, que sepamos, era esta institución y además estaba patrocinada económicamente por el propio Ministerio de Marina. Por eso su responsable pide al Director y fundador de la RSB, Xavier María de Munibe e Idiáquez (1723-1785), Conde de Peñafloreda, y a su Secretario perpetuo, J.M. de Eguía (1723-1803), Marqués de Narros, un individuo preparado para ejecutar dicha misión.

Munibe y Eguía proponen al efecto a Juan José de Elhúyar, pero solicitando que su pérdida se compensase con una beca para su hermano Fausto, que acompañaría al primero en los viajes, para completar así su formación. La idea era preparar a este último para el desempeño de la Cátedra de Mineralogía, en el Real Seminario.

El 6 de abril de 1778 salen ambos de Vergara con destino a Freiberg, en Sajonia. Según López de Azcona, J.M.



Francisco Chabaneau
1754-1842

Chabaneau, Profesor del Real Seminario Patriótico de Vergara (según Aragón, F., 1994).

BICENTENARIO DEL DESCUBRIMIENTO DEL WOLFRAMIO

Jornadas mineras en homenaje a los hermanos Elhuyar

II Exposición filatélica energético-minera



Del 21 al 30 de junio de 1983

E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid. C. Ríos Rosas, 21. Horario: laborables de 10 a 20 h. sábados de 10 a 14 h.

Ministerio de Educación y Ciencia (Universidad Politécnica de Madrid - E.T.S. de Ingenieros de Minas)
Ministerio de Industria y Energía (Dirección Gral. de Minas e Instituto Geológico y Minero de España)
Consejo Superior de Colegios y Consejo Directivo de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas

(1983) cuando inician este viaje ya eran Profesores en el Real Seminario.

Estudios en Freiberg y en Upsala

La Bergakademie de Freiberg, fundada en 1865, era considerada una de las principales instituciones científicas europeas. Cuando deciden remitir allí a Juan José y Fausto los

encargados de impartir las clases eran Abraham Gottob Werner (1750-1817), considerado el padre de la Geología, Reschter, Profesor de Geometría Subterránea, Geller, maestro de la Química metalúrgica, Klotsech Profesor de Química docimásica, y Uverner, docente en el Beneficio y Explotación de Minas (Ver los *Extractos de la RSB* de 1797).

Una de las causas de elegir Freiberg como destino tal vez fuera por que Ramón María de Uribe (1751-1774), hijo

Hijos de un médico francés emigrado a Logroño, donde nacen junto a su hermana Lorenza, se trasladan a París, en 1772, para completar sus estudios de Química y Metalurgia

mayor del Conde de Peñaflorida, estuvo allí estudiando durante el curso 72/73 (alumno n° 105, según recogemos del libro conmemorativo del centenario de dicha Escuela *Festschrift hundertjährigen Jubiläum der Königl. Sächs. Bergakademie*, 1866). Ramón recorrería, entre 1770 y 1773 Francia, Países Bajos, Alemania, Dinamarca, Suecia, Austria e Italia, para adquirir conocimientos científicos, de índole química, mineralógica y metalúrgica. Por desgracia fallecería en 1774, poco después de su regreso a España.

Otro de los hermanos de Ramón, llamado Antonio María, pasa en 1775 a París para dedicarse al estudio de la Química, coincidiendo allí casi con seguridad con los hermanos Elhúyar. Tal vez este sea otro dato poco estudiado de las relaciones de Juan José y Fausto con Vergara.

El hecho verificado es que los hermanos Elhúyar parten hacia Freiberg, vía París, dirigiéndose posteriormente hacia la fábrica de cañones de Manheim, ya en Alemania. En el libro del centenario de Freiberg leemos lo siguiente: Delhuxar, Faustus, alumno n° 182, y Delhuxar Joseph, alumno n° 183. Allí fueron atentos discípulos del sabio Werner, que según López de Azcona, J.M. (1983) en su informe de fin de estudios les resalta como alumnos destacados.

Fausto y Juan José permanecieron en la Escuela de Minas sajona por espacio de tres años. Al concluir sus estudios (18 de abril de 1781), inician un recorrido formativo por zonas fabriles y mineras de Centroeuropa. Salen hacia Presburgo, prosiguiendo luego hacia Schmnitz en Hungría (actual Banská Stavnica, Eslovaquia), conocida por su importante Escuela de Ingenieros Subterráneos, Neushol, Herregrund y Tajo-ba, donde se aprovechaban los vitriolos de las minas cobrizas para fabricar colorantes, pasando otra vez por Schmnitz hacia Viena.

Hay que reseñar algún otro dato de interés, como la visita, en la capital austríaca, al científico Ígnaz Von Born (1742-1791) estudioso de los procesos de amalgamación, así como una escapada a Hungría para llevar un regalo, del Príncipe de Asturias, al conocido compositor Josep Haydn (1732-1809), maestro de Beethoven y amigo entrañable de Mozart.

Durante la primera parte del segundo semestre de 1781 recorrieron las fundiciones, minas y fábricas de Estiria, Carintia y Tirol, así como en Alemania, las del Platinado, Turingia y el Hartz, terminando su periplo compartido a principios del otoño. Entonces Juan José dirigiría sus pasos hacia Upsala, en Suecia, para asistir a las lecciones de Mineralogía de Tobern Olaf Bergman (1735-1784), mientras que Fausto regresaba a España para hacerse cargo de la Cátedra de Mineralogía en Vergara, desde donde le habían reclamado.

Upsala es la ciudad del padre de la Botánica, Carlos de Linneo (1707-1778), núcleo universitario histórico y principal de Suecia. Juan José estuvo allí durante un semestre del curso 1781/82, aprendiendo las nuevas técnicas de análisis

con soplete, por vía húmeda y por precipitación química. Traba amistad con Charles André Hector Gossart deVirly, natural de Dijón (Francia), recorriendo juntos Escandinavia, cuando la remisión de las nieves invernales se lo permitió. Visitaron las grandiosas minas de cobre de Falun y la ciudad de Köping, donde conocieron en persona al boticario Carl Wilhem Scheele (1742-1786), así como las fundiciones y minas de plata estatales de Krönsberg, en Noruega.

Scheele había obtenido, por su cuenta, al igual que lo hiciese Juan José en los laboratorios de Bergman, el ácido tungsténico, sin poder llegar a aislar el metal contenido en él.

El descubrimiento del Wolframio

Juan José retorna a España pasando por Inglaterra, tal y como estaba previsto. Ya en territorio patrio confecciona un amplio informe para el Ministro González Castejón. Según López Azcona, J.M. (1983) parece ser que éste no quedó completamente satisfecho, por considerar insuficiente la documentación aportada sobre las nuevas técnicas de fabricación de cañones.

Reunidos de nuevo en Vergara los dos hermanos inician los trabajos que habrían de culminar con el descubrimiento del wolframio. Pensamos que esto se haría a instancias de Juan José, que conocía las técnicas analíticas más innovadoras de la época. Las muestras con las que trabajaron procedían de las minas de estaño de Zinnualde, en Sajonia (para confirmar los ensayos emplearon asimismo mena de Schlackenwalde, Bohemia). Por fin, tras numerosos ensayos, a principios de 1783 consiguieron aislar un nuevo metal, que bautizaron con el nombre de volfran (ya que el mineral de procedencia era la wolframita, wolfarth en Alemania).

El 28 de septiembre de 1783 presentan informe de sus hallazgos en la Junta General de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País, reunida en Vitoria, bajo el título *Análisis químico del Wolfram, y examen de un nuevo metal que entra en su composición* (Ver *Extractos de la RSB*, de 1783, 46-86).

Poco después este estudio es remitido a la Academie de Sciences, Incriptions et Belles Lettres de Toulouse (1784). A partir de la publicación del trabajo, en 1795, se difunde el hallazgo de este metal al mundo, siendo recogida la noticia por las principales revistas científicas de Europa.

El 1 de abril de 1784 nombran a Juan José y a Fausto académicos correspondientes de dicha institución, luego ocurrirá lo mismo en la Academie de Sciences et Belles Lettres de París, y ya sólo para Fausto en la Sociedad de Minas de Alemania, Sociedad de Naturalistas de Berlín, Sociedad Werneriana de Edimburgo y Sociedad de Marburgo. Aunque tal vez tuviese más mérito Juan José, fue sobre Fausto en quien recayeron más honores; pero esto no



Fachada, en distintas épocas, del edificio del Real Seminario de Minería de México, fundado por Fausto de Elhúyar (según Adaro, L. 1894).



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas

ESPAÑA

II CENTENARIO DEL DESCUBRIMIENTO DEL WOLFRAMIO POR LOS HERMANOS DE ELHUYAR

II EXPOSICION FILATELICA ENERGETICO-MINERA

supuso ningún problema entre los hermanos, que nunca dejaron de tener una buena relación. Aunque debemos señalar que algunos de los nombramientos y distinciones de Fausto se deben también a sus posteriores estudios sobre la amalgamación (1786/87).

A Juan José le van a destinar enseguida a Colombia. Por R.O de 22 de mayo de 1784 se dispone el envío de dos operarios hábiles en la Mineralogía y la Metalurgia al Reino de Nueva Granada, para rehabilitar la decadente minería del territorio. Se eligió para dicha misión a Juan José, quien solicita le acompañe su cuñado Ángel Díaz Castellanos, médico riojano y también, para algunos autores, exalumno de Freiberg. Todo fue arreglado de antemano por el Conde de Peñaflores, el cual organizó una entrevista entre Juan José y el Ministro de Indias, José María Gálvez (1729-1786).

Fausto se queda de Profesor en Vergara hasta 1785, año en que renuncia a su Cátedra, tras cuatro años de dedicación. Según V. de A. (1845), por aquellas fechas, el Gobierno le encarga el estudio geognóstico de las fronteras de Navarra en busca de mineral de hierro. En 1784 se acababa de instalar la Real Fábrica de Orbaiceta, industria siderúrgica organizada para la fabricación de municiones, la cual necesitaba el aprovisionamiento preciso. Esta factoría sería quemada por los franceses en los vaivenes revolucionarios de 1794 y destruida de nuevo con motivo de la Guerra de la Independencia. Fausto se une así a la expedición del Mariscal de Campo Ventura Caro, encargado de la demarcación de límites con nuestro país vecino (Ver en *Extractos de la RSB*, de 1785, un artículo, realizado con la ayuda de Luis Collantes y Foneras (†1800), titulado “Memoria sobre los minerales de los Pirineos”).

En los años de Profesor en Vergara, Fausto no sólo realiza una seria labor de laboratorio, sino que también hay trabajo de campo y gabinete, así como publicaciones del mismo. Así tenemos “Chapas de hierro y de hojalata”, en *Extractos de la RSB*, de 1782, 77-96, donde describe el modo de fabricar hoja de lata en Breiterbrunn, Sajonia, señalando la posibilidad de instalar una industria similar en las Vascongadas. Otros artículos son el “Proyecto para una colección de minas (de minerales) del País”, en *Extracto de la RSB*, de 1783, 113-118, y “Estado de las minas de Somorrostro”, en *Extractos de la RSB*, de ese mismo año, 97-113, donde sugiere la implantación del método de cámaras y pilares para estas labores.

Juan José en Nueva Granada

El 28 de junio de 1784 embarcan, Juan José de Elhúyar y Ángel Díaz, en el puerto de Cádiz, a bordo del correo Nuestra Señora de Popa, arribando el 18 de septiembre de dicho año a tierras americanas. Pisan tierra firme en Cartagena de Indias, donde se les informa de los lugares de Nueva Granada donde hay minas de oro y plata, así como sobre la cantidad de metal que en ellas se puede encontrar (ARJB, Sig. III, 2, 5, 72).

En las Reales Atarazanas de Cartagena de Indias, con la inestimable ayuda del Virrey Antonio Caballero de Góngora (suelen escribir Cavallero), elaboran los equipos mineralúrgicos necesarios para la concentración de menas y parten, por tortuosos itinerarios, hacia la provincia de Mariquita. Allí les espera el sabio botánico José Celestino Mutis y Bossio (1732-1808) afincado en aquellas tierras

Memoria

sobre el influjo de la Minería

EN LA

Agricultura, Industria, Poblacion y Civilizacion de la Nueva-España en sus diferentes épocas, con varias disertaciones relativas á puntos de economía pública conexos con el propio ramo.

POR

Don Fausto de Elbuyar,

Ministro honorario de la Junta general de Comercio, Moneda y Minas, Director del Tribunal general de Minería de Méjico, Sócio literato de la Sociedad Vascongada, é Individuo de la de Naturalistas de Berlin, de la Werneriana de Edimburgo, y de la de Marburgo.

DEDICADA

Al Rey Nro. Señor.

MADRID. Imprenta de AMARITA, plazuela de Santiago, núm. 1.
1825.

⦿ Aunque tal vez fue Juan José el que tuvo más méritos en el gran descubrimiento, fue sobre Fausto en quien recayeron más honores

y cuya imagen se nos ha hecho familiar gracias a los billetes de 2.000 ptas. (ARJB, Sig III, 1, 2, 6).

Mutis es uno de los principales botánicos españoles (junto a los Quer, Gómez Ortega, Palau, Hipólito Ruiz, Pavón, Cavanilles, etc.) siendo admirado por el mismo Linneo, a quien Mutis remitió para su clasificación gran cantidad de material. También reseñar que desempeñó docencia en las materias de Física y Matemáticas en la Universidad de Bogotá, siendo autor de numerosos estudios sobre las distintas ramas de las Ciencias Naturales. En 1783 organizaría por encargo del Virrey Caballero de Góngora la Expedición Científica Botánica al Reino de Nueva

Granada. Poco después es nombrado correspondiente de la Academia de Stockholm y colector del Real Jardín Botánico de Madrid, institución sabiamente regida por el soriano Joseph Philippe Pérez Caballero (1743-1825). Cuando arriba Elhúyar a Colombia y toma rumbo a Mariquita, el Virrey pide a Mutis que atienda al recién llegado.

Mutis se desplaza a Honda para recibir a Juan José. En febrero los expedicionarios llegan a Mariquita, estableciéndose a una jornada de las minas de plata del Real de Santa Ana.

En junio, tras inspeccionar el territorio, Juan José propone la recuperación de las labores del Cristo y de San Juan, en el Real de Laxas, así como las de los Santos y de Santa Ana, en el Real del mismo nombre. Las minas abrían cesado por la falta de mano de obra provocada por la supresión absoluta de la mita, a principios del XVIII (ARJB, Sig. III, 2, 2, 31). La mita era un impuesto "en carne" que pagaban las comunidades indígenas, ya que debían ceder un cierto número de trabajadores por un tiempo a las minas. Este sistema impositivo era habitual en el Imperio Inca antes del descubrimiento de América por los españoles, por eso a los colonizadores no les fue difícil su implantación. Sin embargo el período imperial se caracteriza por una continua lucha entre los defensores de los derechos del indio y los que pretenden su aplicación, como mano de obra barata, a la industria.

En marzo de 1785, Ignaz Von Born realiza una demostración del método de los toneles de amalgamación, en la Casa de la Moneda de Viena, en presencia del Emperador. En 1786 se publican dichos trabajos en la obra *Anquicken der gold und silberältigen Erze, Roshteine, Schwarzkupfer und Hüttenspeise*. La amalgamación era el proceso mineralúrgico que permitía la extracción del oro y de la plata, de cuya fundición, comercio y acuñación de moneda se nutrían las arcas de la Hacienda Pública.

En 1785, Fausto desde Vergara se entera de las experiencias de Born y le escribe solicitándole información, recogemos de Palacios, J. (1994) la contestación del sabio vienés: "...que no tiene ningún inconveniente en comunicarle el proceso de amalgamación, que presenta infinitas ventajas sobre el seguido en América, además que solamente se pierden 3 a 4 onzas de mercurio por



Fausto de Elhúyar. Consejo de Minería (Madrid).

marco (de plata), mientras que ustedes pierden de 14 a 15 onzas por marco según Ulloa”.

El 13 de abril de 1785, Mutis, Elhúyar, Díaz y el Teniente Coronel Izquiaqui, empiezan a estudiar en Mariquita si lo mejor para el beneficio de los minerales de plata era el método de fundición o el de amalgamación. Sabemos que a través de Fausto llegan noticias a Juan José sobre el nuevo procedimiento de los toneles, por carta de 18 de abril de 1875: “El nuevo método de Born, en cuanto al fondo, es el que Álvaro Barba descubrió en 1609 y describe en el libro tercero, pero bien podrías imaginarte cuánto más perfecto será con la aplicación de los conocimientos actuales”. Por ello hay que resaltar un informe, de 28 de febrero de 1786, donde los comisionados se inclinan por el segundo procedimiento, “el cual ya se ha puesto en práctica en Ungría, Saxonia y Nueva España” (ARJB, Sig. III, 2, 5, 30).

Juan José decide instalar este método en la mina de Manta, situada en la misma veta que la de los Santos. Pero los problemas se multiplican, por ejemplo: no hay manera de conseguir calderas de cobre y deben construirse de madera. Por fin se inician los ensayos en junio de 1788. El fracaso del método, daría origen a la instalación de unos hornos de fundición alternativos, obteniéndose los primeros lingotes argentíferos en noviembre de 1791.

La presencia de piritas que se transforman en vitriolo (ácido sulfúrico) en su tratamiento metalúrgico, la falta del mineral y los robos del mismo, crearon serios problemas en el rendimiento de la explotación (ARJB, Sig. III, 2, 5, 47), Juan José es recriminado, debiendo Mutis salir en su defensa.

Juan José no sólo se dedicó a la minería de la plata y el oro, tal es el caso de las minas de Honda (diciembre

de 1785/enero de 1786), sino que tocó otros ramos como los del platino, las esmeraldas, la sal, etc.

En 1785 el gobierno preocupado por el contrabando de oro aleado con platino, encomienda a Juan José el desarrollo de un método para la separación de ambos metales. Por ese motivo nuestro autor redacta unas normas de análisis considerando tres casos: monedas, oro en polvo y lingotes. Ese mismo año aparece como Director de las minas de platina de Aniquitas. En 1786 recibe carta de Fausto que le explica, paso a paso, como Chabaneau en Vergara había conseguido fundir platino en barras, según el método de Sickingen (ARJB, Sig. III, 1, 5, 25). Posteriormente Fausto envía otra carta, desde la capital francesa, donde le pide que no hable del nuevo procedimiento, ya que había sido declarado secreto de Estado (Aragón, F., 1983)

En 1786 visita las decaídas minas de esmeraldas de Muzo, únicas en producción tras el cierre de las de Chivor y hundimiento de las de Coscuez (en el siglo XVII), proponiendo mejoras en la explotación (ARJB, Sig. III, 2, 5, 33).

En 1787, redacta en compañía de Mutis el *Plan razonado del establecimiento de un cuerpo militar de Ingenieros Mineralógicos en el Nuevo Reino de Granada*, similar al recién creado en México. Este Plan nunca llegó a imponerse.

En 1789 toma interés por la mina de plata de Nuestra Señora del Rosario, en la jurisdicción de Ibagué, ensayando varias muestras aportadas por Mutis. En el Jardín Botánico existe una copia de la escritura de constitución de una compañía denominada “Ugarte y D’Elhúyar” para su explotación, con fecha 14 de abril de 1793. Son socios Antonio y Nicolás Ugarte, con Juan José (ARJB, Sig. III, 2, 6, 79). Esta empresa le daría muchos quebraderos de cabeza, siendo herido con arma blanca, por el encargo de las labores preparatorias a la explotación que pretendía poner la mina a su nombre. Asimismo falsas denuncias, sobre esta actividad, le llevaron a la cárcel entre julio y noviembre de 1795.

En 1790 el Virrey Ezpeleta le envía, junto a Mutis, a las salinas de Zipaquirá, próximas a Bogotá (hoy dedicadas al turismo, donde es posible ver la Catedral de la Sal, hueco subterráneo convertido en lugar de culto), para rebajar los costes de explotación (ARJB, Sig. III, 2, 5, 41).

Ese mismo año su hermana Lorenza decide adelantar su viaje desde España, tantas veces soñado, pues lleva siete años sin ver a su marido Ángel Díaz (ARJB, Sig. III, 1, 3, 532). Las alegrías familiares de Fausto prosiguen con el nacimiento de sus hijos Úrsula Pascuala (1791-1852), José Luciano (1793-1814) y Fausta (1794-18..), fruto de la unión con Josefa Gaona (1766-1835), con la cual había contraído matrimonio en diciembre de 1788.

Pero no todo fueron dichas, su entrañable amigo Mutis es trasladado a Bogotá en 1792. Asimismo los problemas en las minas del Real de Santa Ana y la posterior estancia en prisión (1795) le ayudarían a que falleciera, en 1796, por causa de un derrame cerebral.

Poco después trataron de paralizar las labores de Santa Ana. De ella dijo Mutis: "La primera casa de amalgamación de Santa Ana prueba lo que un hombre de ingenio y dedicado al servicio del Gobierno es capaz de hacer, en medio de tantos obstáculos presentes en América". No sabemos si por este mal pago que se le dio a tan justo servidor del Estado su hijo Luciano fue un conocido bolivarista, rompiendo así la sólida tradición conservadora y monárquica de la familia.

No podemos terminar este capítulo sin hacer referencia a dos actividades científicas de Juan José. La expedición geognóstica al Páramo del Ruiz (1792) y la confección de la Orighthología, a principios de los noventa, obra inédita considerada como el primer tratado sobre Geología, realizado en España (Puche Riart, O. y Ayala-Carcedo, F.J., 1993). Esta obra se halla depositada entre los papeles de Mutis, en el ARJB (Sig. III, 6, 1, 122 y Sig. III, 6, 1, 123).

Tercer viaje europeo de Fausto Elhúyar

Ignaz Von Born interesado en la difusión de su invento, el método de los toneles de amalgamación, escribe, en noviembre de 1795, a Domingo de Iriarte, encargado de negocios de la embajada española en Viena, señalando que le encantaría que su Majestad Católica le enviase al Sr. D'Elhuyar para enseñarle el nuevo proceso (AGI, Indif., Leg. 1798, Fol. 4).

Tras recibirse la carta en la Corte, José María de Gálvez, Marqués de

Sonora, Ministro de Indias, envía a Fausto hacia Viena. En París deberá recoger a tres pensionados que estaban estudiando a cuenta del Gobierno, se trata de Casado de Torres, Andrés Manuel del Río y Josef Ricarte. Además le encarga contratar en Ungría o Saxonía, zonas más avanzadas de Europa en las técnicas mineras, algunos Profesores hábiles y sabios en todas las ciencias relativas a este ramo de la industria (AGI, Indif., Leg. 1785, Fol. 180-181). Sabemos de los infructuosos intentos, por parte del Estado español, para fichar como Profesor para la Academia de Almadén a Antón Von Rupprecht, Consejero de Minas de Hungría.

En la primavera de 1786, Fausto sale de Vergara hacia Viena, vía París, arribando a la ciudad imperial en junio. Este viaje le iba a permitir la visita de algunas minas y fábricas de Stiria, Carintia, Carniola o Salisburg. Hay una carta de Fausto a Juan José, en la que da noticia de su viaje a Ungría (ARJB, III, 1, 5, 25).

En el mismo mes de junio se reúne con varios sabios en el taller de Born, en Glashütte, cerca de Schminitz, para disertar sobre la amalgamación. La mayoría pensaban que el mercurio se aleaba de forma directa con la plata o el oro, pero Fausto señala la importancia de la adición de la sal, formándose muriatos (cloruros) de plata, que una vez reducidos facilitaban la formación de la amalgama (Ver Proust, L. (1791). Extracto de los descubrimientos de Don Fausto de Luyar, en *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia o colección de memorias sobre las Artes, la Artillería, la Historia Natural de España, y Américas, la docimástica de sus minas, &c.* T. I, 267-278).

Fausto se centra en el tema, dedicando todo el verano a realizar ensayos. Fruto de ello tenemos una serie de publicaciones, tales como "Theorie der Amalgamation", en *Bergbaukunde*, T. I (1876), 238-263, y "Einzelne Beiträe zu dem Amalgamationprosen", en la misma revista, T. I. (1876), 264-282, y T. II (1877), 420-441, así como otro artículo similar en el *Berg Journal*, VII (1878), 573-643. En español daría noticias del nuevo método para beneficiar los metales preciosos por amalgamación, a través de *Memo. Liter., Instruct. y Curiosas de la Corte* (1787), XI, 64-66.

“... Juan José no sólo se dedicó a la minería de la plata y a la del oro, tal es el caso de las minas de Honda (diciembre de 1785/enero de 1786), sino que tocó otros ramos como los del platino, las esmeraldas, la sal...”

Es una época de gran producción científica, también en los *Extractos de la RSB*, de 1787, van a salir publicados dos artículos más, se trata de Minas de Cobre. Modo práctico de beneficiarlas con más economía (pp. 69-86) y Diferentes métodos para trabajar el hiero en algunas ferrerías extranjerias (pp. 86-91).

De esta época son también sus disertaciones metalúrgicas, lecciones impartidas por el sabio, que fueron recogidas en un artículo de Guzmán, J. (1941) en el *Boletín del IGME*, T. LXV, 439-572.

En octubre de 1787 se casa Fausto, en Viena, con Juana Raab, hija de un consejero áulico del Emperador, a la que ya había conocido en su anterior viaje (1791).

Tras finalizar los estudios sobre la amalgamación, Fausto se tuvo que concentrar en el encargo que el Ministro de Indias le hizo, en 1787, para contratar mineros alemanes, con la función de instruir a los americanos. Labor que realiza con presteza y pulcritud, comprobando las aptitudes intelectuales y morales de los candidatos (AGI, Lima, Leg. 1359). Selecciona a 32 mineros: 9 para Nueva España (destaca en este grupo Federico Sonnschmidt), 7 para Nueva Granada (con Emmanuel Gottlieb Dietrich, que falleció tempranamente,

en 1779), 8 para el Virreinato de Perú (con el Barón de Nordenflincht, Daniel Weber y Antonio Zacarías Helme), y 8 para Chile.

En 1788 Fausto retorna a España, para preparar su viaje y el de los mineros alemanes a América. Llega a Madrid el 6 de marzo, embarcándose hacia Veracruz, a bordo de la fragata Venus, en el puerto de Cádiz, el 15 de junio. Divisará las tierras mexicanas el 4 de septiembre.

Fausto de Elhúyar en Nueva España

Nada más llegar Fausto al Nuevo Mundo asume sus funciones de Director General de Minería en la Nueva España. No sin tensiones institucionales, toma posesión del Tribunal de Minería de México el 29 de enero de 1789.

Días antes había presentado el *Plan del Colegio de Minería*, que había sido infructuosamente promovido con anterioridad por el industrial Juan León de Lassaga (†1786) y por el Catedrático de la Universidad Pontificia Joaquín Velázquez de León (1732-1786). Estos personajes habían solicitado, ya en 1774, la instalación en la capital mexicana de un Seminario o Colegio Metálico.

En el programa formativo ideado por Fausto se detallan los planes de estudio y se pone en evidencia la necesidad de un edificio apropiado para el proyecto. La carrera duraría seis años: cuatro cursos teóricos, con prácticas trimestrales en 3º y 4º, así como dos últimos años de residencia en establecimientos minero-metalúrgicos próximos a la ciudad de México. Al final, tras superar las pruebas correspondientes, el Tribunal de la Minería impartiría el título (Ver Izquierdo, J.J. (1958), *La primera casa de las ciencias en México*, Ed. Ciencia, México). Asimismo se contrataron, en los primeros años, a magníficos profesores: para las Matemáticas a Andrés Josep Rodríguez, ex-alumno de la primera promoción de Almadén y que ya había sido propuesto por Fausto como Profesor antes de ir a México, para la Química F.A. Batailler, Profesor del Colegio de San Isidro de Madrid, aunque luego se pensó sustituirle con Andrés Manuel del Río, ex-alumno de las escuelas de Almadén, Freiberg y Schmnitz, pero este pidió impartir docencia en Mineralogía, por

lo que la Química quedaría en manos de F. Córdón (más tarde sustituido por un compañero de Del Río en Schmnitz, Luis Linder). El más destacado de todos estos Profesores fue Andrés Manuel del Río (1704-1849), descubridor del volframio (1801) y autor del primer tratado geológico hispano publicado, ya que fue editado para las clases del Seminario, se trata de la *Oritognosia* (1795).

En 1803 visitó el Colegio el Barón Alejandro Von Humboldt (1769-1859), compañero de Del Río en Freiberg, en compañía de Bonpland, señalando Izquierdo, J.J. (1953) que: "Como apasionado por las ciencias y muy afecto a los seminaristas permanecía familiarmente con los alumnos en los Gabinetes y laboratorios significándoles con la expresión más sincera y satisfacción que tenía en tratar con jóvenes tan aplicados e instruidos". Humboldt llega a reconocer en su *Ensayo político del Reino de Nueva España* (traducido al castellano en 1841) que el Seminario de la Minería, dirigido por el sabio Fausto Elhúyar, es el Centro Científico más importante del Nuevo Continente, incluido EEUU. Asimismo describe las peculiaridades de la Institución: "La Escuela de Minas tiene un laboratorio químico, una colección geológica clasificada según el sistema de Werner y un gabinete de física, en el cual se hallan preciosos instrumentos de Ramsden, de Adams, de Lenoir y de Luois Berthoud y modelos ejecutados en México con la mayor precisión y con las mejores maderas del país".

Elhúyar se preocupó, con mimo, por el Seminario de Minería hasta que tuvo que abandonar México. Así, en 1820, comprobamos que Fausto había solicitado a la Metrópoli la adquisición de 25 ejemplares, para los alumnos, de la obra de Mateo Órfila *Elementos de química médica con aplicación a la farmacia y a las artes* y 12 ejemplares, para el Profesorado por carecer de traducción, de la obra de Thenard *Tratado de química elemental teórica y práctica*. También se solicitaban los *Anales de Física y Química*, reeditados por Gay Lussac y Arago, el *Diario de Minas* de Coquebert, Montbert, Hauy y Vauquellin, así como los *Anales des artes y manufacturas de Vemars* (AHPM, 1820, doc. 28).

Pero ésta no era la única tarea de Fausto, señala López Azcona (1983)

que bajo su dirección: "inicia el Tribunal la redacción de informes, se dan consejos, proporcionan fondos a los diversos mineros sin medios para el laboreo y el beneficio, se liberan de alcábalas las materias primas para el laboreo de minas y beneficio de los metales, investiga el Director General los medios para corregir las dificultades opuestas a la prosperidad de la minería y propone un plan de medidas eficaces".

No todo fueron parabienes, las dificultades para imponer la metodología europea en América fue muy grande, siendo numerosos los problemas y enfrentamientos de los expedicionarios con los mineros locales. El método de Born estaba pensado para menas ricas, mientras que el método de patio inventado por Bartolomé de Medina, en 1553, servía para tratar menas de baja ley. Sonnschmidt en su obra *Tratado del beneficio de los metales por azogue* (1825), recogida por López Canceleda en 1831, señala: "Al menos no tengo embarazo en declarar que con diez años de trabajos no he podido lograr introducir ni el beneficio del señor Born, ni otro método preferible al de patio, por más arbitrios que he empleado (...) Conviene, por tanto, que se extienda su conocimiento en Europa, para hacer justicia a este sobresaliente método que la erudición europea ha tratado con bastante desprecio".

Las necesidades impuestas por su cargo o la simple inquietud por conocer llevaron a Fausto a recorrer el país, visitando las reales minas de Zacatecas, Guanajuato, Sombrerete, Bolaños, Real del Monte, Regla, Pachuca, Oaxaca (donde instaló unas magníficas bombas de columna de agua, como las que pudo reconocer en Schmnitz años antes), Río Grande, etc. Fausto realizaría informes técnicos sobre algunas de ellas, tal es el caso de Ixtlán (1796) o San Miguel de las Peñas (1796). También explotaría por su cuenta la mina Jesús, sin grandes éxitos.

Destacar una serie de trabajos, estudios y publicaciones, tales como *las Reflexiones sobre las Diputaciones territoriales de Minería* (1791), *Libro de Gobierno del Real Colegio Seminario de Minería de Nueva España* (1792), *Informe al Virrey de Nueva España sobre la diferencia entre el beneficio por azogue y por fundición*

(1793), *Sobre los vicios que adolece el Tribunal de la Minería de México* (1794), *Discursos sobre la Minería, su gobierno y su estado actual en la Nueva España y su conveniente reforma* (1801), *Indagaciones sobre la amonediación en Nueva España* (1814), el *Discurso sobre la importancia del Real Cuerpo de la Minería de Nueva España* (1815), *Ventajas de la utilización del carbón de piedra para las máquinas de vapor* (1819), etc.

La Independencia de México en 1921, obligó a Fausto a retornar a España, tras dejar allí 33 de los mejores años de su vida. Señala V. de A. (1845) que rehusó las ofertas del insurgente Iturbide para quedarse en México, así como de algunas empresas inglesas que se hicieron con algunos de los criaderos argentíferos locales, así "Elhuyar rehusó constantemente tales ofertas, y prefirió, á las ventajas que se le ofrecían sirviendo a los extraños, prestar sus servicios a su patria".

Fausto en la Península

Fausto regresa a España, con su mujer Juana. En América, concretamente en La Habana, quedaría la única hija del matrimonio, María Luisa, nacida en México en 1793, así como su yerno Felipe Martínez de Aragón (casado con M^a Luisa en 1812).

Fausto nostálgico de México aún publicaría, en 1825, una *Memoria sobre el influjo de la Minería en la Agricultura, Industria, Población y Civilización de la Nueva España en sus diferentes épocas, con varias disertaciones relativas á puntos de economía pública conexos con el propio ramo*, dedicada al Rey Ntro. Señor.

En agosto de 1822, el ministro Luis López Ballesteros le destina a la Dirección General del Crédito Público, encomendándole las visitas de las Reales Minas de Almadén, Guadalcanal y Río Tinto, de las que elaboró los pertinentes informes, realizando asimismo alguna asesoría más para el Estado. Según López Azcona, J.M. (1983): "estos trabajos oficiales nunca fueron abonados al autor". Por R.O. de 6 de abril de 1824 consiguió por fin le asignasen un sueldo de 30.000 reales anuales, como funcionario de la Junta de Fomento de la Riqueza del Reino, desde donde se le encomendó el desarrollo de la Ley

de Minas de 1825, sancionada por el Rey Fernando VII el 18 de diciembre. Esta legislación, liberalizadora del sector, sería la responsable del auge minero español en el siglo XIX.

Por esta ley se crea la Dirección General de Minas que es asignada a Fausto, desde cuyo puesto insta la creación del Real Cuerpo Facultativo de Minas (R.O. de 21 de septiembre de 1833), mientras él ya había organizando las Inspecciones de Distrito, con sedes en Río Tinto (Huelva), Almadén (Ciudad Real), Marbella (Málaga), Falset (Tarragona) y posteriormente Berja (Almería).

Fausto también se encarga de reorganizar las enseñanzas en la Academia de Almadén (de la que era Director), remitiendo algunos alumnos de esta institución y de otras procedencias a la Bergacademie de Freiberg, tal es el caso de Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847), Isidro Sáinz de Baranda, Joaquín Ezquerro del Bayo (1793-1859), Felipe Bauzá (1759-1833), Rafael Amar de la Torre (1802-1874), científicos notables, algunos de ellos responsables, en cierta forma, del nacimiento de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas de Madrid.

También inicia el desarrollo del *Mapa Geognóstico de España*, para cuya labor habría fichado a Ángel Vallejo (1778-1840), becario en París (1828), que inició la cartografía de la región catalana en 1832, y al ingeniero alemán Guillermo Schulz (1880-1876), al que se le asignó la confección del Mapa Petrográfico de Galicia (1832-1834, publicado en 1835).

Él también trabajó personalmente en temas novedosos, tal como podemos comprobar con la publicación de su *Memoria sobre las minas de carbón piedra de Asturias* (1831) o la preparación de los Estatutos para la creación de la Academia de Ciencias, que aun tardaría varios años en ponerse en marcha.

Falleció Fausto en Madrid el 6 de enero de 1833. Hoy se le considera uno de los padres de la ingeniería moderna en España. En los años de 1933 y 1983 se les ha recordado, en diversos actos, con motivo de los aniversarios del descubrimiento del wolframio (1783). Ahora, sin un motivo que no sea otro que su contribución a la ingeniería española, les rendimos este pequeño recuerdo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAGÓN DE LA CRUZ, F. (1983). "Los hermanos Delhuyar y la investigación del platino en la España del siglo XVIII". En el libro de *Homenaje a los hermanos Delhuyar en el centenario del aislamiento del wolframio 1783-1983*. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño. 110 págs.
- CAYCEDO, B.J. (1964). "El sabio Delhuyar". BER. 71, 178 y ss.
- CAYCEDO, B.J.. (1971). *J. D'Elhuyar y el siglo XVIII neogranadino*. Ed. Kelly. Bogotá. 310 págs.
- GÁLVEZ-CAÑERO, A. (1933). "Apuntes biográficos de D. Fausto de Elhuyar y de Zubice". Bol del IGME, V. LIII (8).
- LÓPEZ DE AZCONA, J.M. (1981). "Fausto Elhuyar y de Zubice". *Industria Minera*, 206.
- LÓPEZ AZCONA, J.M. (1983). *Los hermanos Elhuyar descubridores del wolframio. 1782-1783*. Ed. Fundación Gómez Pardo. Madrid. 122 págs.
- LÓPEZ AZCONA, J.M. (1985). "Semblanza de los hermanos Elhuyar". En el *Libro del bicentenario del descubrimiento del wolframio por los hermanos Elhuyar. 1783-1983, 7-27*. Ed. IGME. Madrid. 200 págs.
- LÓPEZ SÁNCHEZ-AVECILLA, C. (1933). "Elhuyar Minero y Metalúrgico". *Rev. Minera y Metalúrgica*, 1933, 16 y ss.
- MAFFEI, E. (1877). *Centenario de la Escuela de Minas de España*. Ed. Escuela Especial de Ingenieros de Minas. Madrid. 328 págs.
- MAFFEI, E. y RUA DE FIGUEROA, R. (1871/72). *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos. impresos y manuscritos, relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares*. Imp. de J.M. Lapuente. Madrid. 2 Tomos. 529 y 691 págs.
- MOLDES, E. (1933). "Elhuyar químico". *An. de la Soc. Esp. de Fis. y Química*. T. XXXI.
- PALACIOS, J. (1992). "Dos cartas inéditas de Juan José y Fausto Delhuyar". *Llull*, V. 14, Nº 27, 651-658.
- PALACIOS, J. Y SILVÁN, M.J. (1992). Bibliografía básica sobre el tema Delhuyar. Actas III Congreso Latino Americano de Historia de la Ciencia. México. Enero de 1992.
- PALACIOS, J. (1994). "Fausto y Juan José Delhuyar en Europa y su reflejo en la minería novohispana". En CASTILLO, M. (Ed.) *Minería y Metalurgia. Intercambio tecnológico y cultural entre América y Europa durante el período colonial español, 349-374*. Ed. Muñoz Moya y Montraveta. Sevilla-Bogotá. 503 págs.
- PALACIOS, J. (1994). *D'Elhuyar*. Los. Ed. Gobierno de La Rioja. Logroño. 482 págs.
- PALACIOS, J. (1998). "Correspondencia de José Celestino Mutis con Juan José Delhuyar". *La Arqueología Industrial y las Ciencias*, 2, 647-660.
- PUCHE RIART, O. y AYALA-CARCEDO, F.J. (1993). "La 'Orygthología' de Juan José Elhuyar (1754-1796) y la 'Oritognosia' de Andrés Manuel del Río (1764-1849), primeros tratados geológicos escritos por españoles, en América". *Bol. Geológico y Minero*, 104 (1), 72-108.
- RYDEN, S. (1954). *D. Juan José Elhuyar en Suecia y el descubrimiento del tungsteno*. Ed. Ínsula. Madrid.

Por
Octavio Puche Riart
ETS Ingenieros de Minas - UPMA