

ENSEÑANZA

En este número concluimos la serie de elementos químicos descubiertos por científicos españoles. En esta ocasión le ha tocado el turno al wolframio (W), tungsteno en la nomenclatura internacional. Agradecemos a los profesores del Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica el trabajo realizado a lo largo de los últimos tres números para darnos a conocer la contribución de la ciencia española a la Tabla periódica de los elementos químicos (el vanadio (V), n.º 8, págs. 140-143; el platino (Pt), n.º 9, págs. 146-151; y ahora el wolframio, n.º 10).

En el apartado de *Taller y Laboratorio*, contamos con dos contribuciones. La primera está dedicada a la medida de fuerzas pequeñas por medio de un péndulo de torsión de construcción casera, siguiendo los pasos de Ca-

vendish y Coulomb. En la segunda el autor presenta, a semejanza de las ilusiones ópticas, un conjunto de cuatro ilusiones matemáticas que parecen desafiar la intuición sobre conceptos básicos.

En el apartado de *Nuevas Tecnologías en la Enseñanza*, incluimos un artículo de opinión sobre el uso y abuso del llamado «e-learning» en la enseñanza superior. En los momentos actuales de cambio de metodología para la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, reflexionar públicamente sobre estos temas puede ser de gran utilidad. Esperamos que así sea.

Por último, incluimos una serie de reseñas de libros que pueden ser de interés para nuestros lectores, algunos de ellos como lectura recomendada para los periodos vacacionales.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

El wolframio: elemento químico español. Juan José y Fausto Elhuyar, sus descubridores

El wolframio, volframio o tungsteno es un elemento químico de número atómico 74 que se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es W. Es un metal escaso en la corteza terrestre, se encuentra en forma de

óxido y de sales en ciertos minerales. De color gris acero, muy duro y denso, tiene el punto de fusión más elevado de todos los elementos químicos. En 1783, en España, los hermanos **Juan José y Fausto Elhuyar** consiguen aislar este nuevo

elemento mediante una reducción al carbón vegetal, en el laboratorio de la Sociedad Bascongada, en Vergara. Publican «*Análisis químico del volfram y examen de un nuevo metal que entra en su composición*» describiendo su descubrimiento.

LA QUÍMICA EN EUROPA EN EL SIGLO XVIII Y LOS CONOCIMIENTOS QUÍMICOS EN ESPAÑA

En los años centrales del siglo XVIII la Europa culta se dedicaba al estudio de distintas formas de la materia y a sus interacciones. Entonces, se decidió abandonar la vieja y tradicional Alquimia (mezcla de Magia, Filosofía y Ocultismo) y se sustituyó por un conjunto bien establecido de principios y normas deducidas del estudio de múltiples ensayos. Esta sustitución permitió construir una nueva ciencia, la Química, a la que muy acertadamente, un escritor francés denominó «hija sabia de una madre loca». A pesar de su locura, a esa madre le debe la Química un amplio elenco de co-



Figura 1. Los hermanos Juan José y Fausto Elhuyar.

nocimientos adquiridos durante siglos.

Entre todo este elenco, el concepto del elemento químico o cuerpo simple pasó en primer lugar a formar parte de la Química. Fue Robert Boyle (1627-1691) quien fijó claramente las diferencias entre formas elementales de la materia y cuerpos compuestos.

Otra herencia de la Alquimia es la teoría del flogisto, propuesta por Stahl (1660-1734) y derrocada por Lavoisier gracias a sus ensayos sobre la combustión y oxidación realizadas a finales del siglo XVIII. En ese mismo siglo la Química experimentó grandes avances debidos a la racionalización científica de las técnicas metalúrgicas. Por entonces se descubrieron numerosos metales como el cobalto, el níquel, el molibdeno, el manganeso, más el platino y el wolframio incorporados por científicos españoles entre 1742 y 1783.

Las técnicas analíticas se desarrollaron muy rápidamente durante el siglo XVIII. Esto permitió conocer con exactitud la composición de diversas formas de la materia. Pero fue a finales de siglo cuando Proust (1733-1793) estableció las leyes y principios básicos de la estequiometría química. Todas estas técnicas analíticas permitieron determinar la composición de nuevos minerales, especialmente los utilizados en metalurgia.

Por último, en cuanto a esta breve reseña de avances experimentados por la Química durante este siglo, hay que mencionar el desarrollo de las aplicaciones industriales en la preparación de curtidos, grasas, colorantes, disolventes, productos farmacéuticos, etc. Y además indicar que la nueva nomenclatura propuesta en 1787 por un grupo de investigadores franceses, del que cabe destacar a Guyton de Morveau (1737-1816), permitió unificar criterios de expresión y definir de forma más correcta el carácter propio de cada producto químico.

En lo que a España se refiere, el panorama científico del siglo XVIII presenta características similares a las del resto de Europa. Sin embar-

go, la Química en nuestro país se fue desarrollando coordinándose con las Ciencias Naturales y con el gran impulso que recibieron las actividades mineras y metalúrgicas. Todos estos avances, lentos pero decisivos, consiguieron arraigar los conocimientos de la Química en nuestro país. A ello contribuyeron todos los apoyos recibidos por las autoridades nacionales y por los Ilustrados, la élite cultural del país.

Una de las actuaciones más importantes es la de las salidas al extranjero por parte de científicos españoles para completar su formación científica. Así, el rey Carlos III derogó la ley aislacionista que instauró Felipe II y que había dificultado todo tipo de intercambio cultural con el extranjero. Además, se favoreció la creación de becas y ayudas para todo aquel que deseara incorporarse al naciente estamento cultural hispánico.

Una de las asociaciones progresistas de intelectuales fue la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, creada en Azcoitia (Guipúzcoa) en 1764. Esta asociación envió a Suecia, a Francia y a Europa Central a un importante número de becarios que realizaron una labor excepcional que impulsó el progreso científico español. Los primeros españoles enviados fuera de nuestro país fueron Ramón María de Munibe, hijo del Conde de Peñaflores, fundador de la Real Sociedad Bascongada, y los hermanos Juan José y Fausto Elhuyar y Lubiace, pioneros en el descubrimiento del wolframio metálico.

LOS QUÍMICOS QUE AISLARON EL WOLFRAMIO

Podemos decir con orgullo que fueron tres los metales descubiertos en España en menos de setenta años, por científicos nacidos en el siglo XVIII, éxito que no ha sido alcanzado por otros países. El platino (1748), por el marino y superintendente sevillano Antonion Ulloa; el wolframio (1783) por los ingenieros de minas riojanos Juan José y Fausto Elhuyar; y el vanadio (1802)

por el médico e ingeniero de minas madrileño Andrés Manuel del Río. A pesar de las malas traducciones o mal intencionadas interpretaciones de la memoria sobre el descubrimiento del wolframio, actualmente no hay duda sobre la filiación de su descubrimiento. Y en la biblia sobre el descubrimiento de los elementos, el «Discovery of the elements» de la Dra. Mary Weeks, en sus sucesivas ediciones, atribuye con total seguridad a los hermanos Elhuyar el descubrimiento del wolframio.

Sobre la vida de los hermanos Elhuyar y del legado científico y profesional que nos dejaron existen numerosas publicaciones y estudios. Todos ellos concuerdan en que sus padres nacidos e instalados en Bayona, región vasco-francesa, se trasladaron a España. En un principio vivieron en Bilbao, en donde el padre trabajaba como cirujano y tenía fama de ser tan competente como generoso y humanitario. En 1753 se traslada al hospital municipal de Logroño y allí nacen sus dos hijos, Juan José en 1754 y Fausto en 1755. Ambos asistieron a las mejores escuelas y se beneficiaron de las actividades de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País.

Recordando quizás su origen francés y sin reparar en la cuantía de los gastos, que superaban sus posibilidades económicas, don Juan Elhuyar envió a sus dos hijos a formarse a París en 1775. Allí estudiaron Química, Física, Matemáticas y Ciencias Naturales y permanecieron hasta 1777 frecuentando los mejores centros de enseñanza, como el Jardín des Plantes.

Su inclusión en el grupo de los Ilustrados de Euskalherria fue decisiva para el devenir de los dos químicos. La Sociedad Bascongada de Amigos del País becó a Fausto para estudiar Mineralogía en Sajonia, y el Rey a Juan José para que se ocupara de la Metalurgia en la misma región. Los buenos resultados obtenidos permiten prolongar su estancia en el extranjero. En Sajonia, durante un curso completo, visitan las minas de Austria, Sajonia y Hun-

gría, pasando posteriormente a Suecia uno o los dos hermanos (no está muy claro). En Suecia, en la Universidad de Upsala, trabajan con el profesor Torbern Olaf Bergman, uno de los grandes analistas de la época. Allí analizaron por primera vez la piedra pesada o tungstenito (scheelita, CaWO_4), sin llegar a aislar el nuevo metal que contenía. Tampoco lo aislaron sus maestros, que intuían su presencia por analogía al ácido molíbdico. A pesar de este contacto incompleto, este trabajo sería la base e inspiración para su gran trabajo futuro, pues en Upsala adquirieron notables conocimientos del análisis químico que perfeccionó su labor profesional.

Al regresar a España, en 1782, Fausto es nombrado profesor de Mineralogía y Metalurgia del Real Seminario Patriótico de Bergara, otra de las obras de la Sociedad Bascongada de Amigos del País, donde enseñaba las ciencias útiles para el Estado, entre ellas la química a cargo de Louis J. Proust. Así se creó en ese pequeño pueblo un activo núcleo científico tan importante como para facilitar el descubrimiento de un nuevo elemento químico. Allí, ambos hermanos realizaron diversos estudios técnicos sobre temas de su especialidad, entre los que destaca la separación del componente fundamental de la piedra pesada, objetivo que consiguieron entre abril y septiembre de 1783.

Un año más tarde, en julio de 1784, Juan José Elhuyar se embarca en Cádiz hacia el virreinato de Nueva Granada, actual Colombia, llevando como misión oficial «planificar el beneficio de metales por fundición... y enseñar a los naturales el modo con que deben gobernarse en estas operaciones»¹.

Encargado de la explotación de las minas en Nueva Granada, decide asentarse definitivamente. Se casó y desarrolló con honradez su vida familiar y profesional, en la que tropezó con numerosas contrariedades producidas por la envidia. Enveje-

Historia	
1779	Peter Woulfe, estudiando una muestra del mineral wolframita, $(\text{Mn,Fe})\text{WO}_4$, predijo que debía de contener un nuevo elemento.
1781	Carl Wilhelm Scheele y Torbern Berman sugieren que se puede encontrar un nuevo elemento reduciendo un ácido (denominado «ácido túngstico») obtenido a partir del mineral scheelita, CaWO_4 .
1783	En España, los hermanos Juan José y Fausto Elhuyar encuentran un ácido a partir de la wolframita idéntico al ácido túngstico. Consiguen aislar el nuevo elemento mediante una reducción con carbón vegetal, en el laboratorio de la Sociedad Bascongada, en Vergara. Publican <i>Análisis químico del volfram y examen de un nuevo metal que entra en su composición</i> , describiendo este descubrimiento.



Figura 2. Apariencia del wolframio blanco grisáceo brillante.

ció prematuramente y murió en Bogotá el 29 de septiembre de 1796.

En 1785, su hermano Fausto Elhuyar dimite de su cátedra y deja también Bergara. Tras viajar de nuevo por Francia, Hungría y Austria, se casa en Viena y va también al Nuevo Continente encargado de reorganizar las explotaciones mineras de Nueva España (hoy México), con el título de Director General de Minas, realizando desde 1788 hasta 1821 una valiosa labor hasta que decidió abandonar el país tras la Independencia de México. Al regresar a España, es nombrado Director de la Escuela de Minas, cargo que mantu-

vo hasta el día de su muerte el 6 de enero de 1833.

De estos dos ilustres científicos españoles nos ha quedado un buen ejemplo de laboriosidad y honestidad personal y profesional, además de un legado excepcional, el descubrimiento de un metal —el wolframio o tungsteno— nunca aislado con anterioridad.

CÓMO SE DESCUBRIÓ EL WOLFRAMIO

Existen innumerables publicaciones y artículos sobre la investigación y descubrimiento de este metal,

¹ Misión encomendada por Orden Ministerial, firmada por el Ministro Gálvez, comunicada en diciembre de 1783.

Tabla 1. *Propiedades químicas del wolframio.*

Nombre, símbolo, número	Wolframio (tungsteno), W, 74
Configuración electrónica	[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²
Serie química	Metal de transición
Grupo, periodo, bloque	6, 6, d
Estados de oxidación (óxido)	6, 5, 4, 3, 2 (levemente ácido)
Densidad, dureza Mohs	19.250 kg/m ³ , 7,5

pero ninguno de ellos es superior a la propia *Memoria* de los hermanos Elhuyar.

Es muy probable que el deseo de obtener el elemento fundamental de la piedra pesada, naciese en Juan José durante su estancia en Suecia, pues allí es donde recopiló toda la información. Y de ello ha quedado constancia en las memorias de la Universidad de Upsala, como comentó el propio Bergman de la siguiente manera: «Un español que lleva aquí medio año acaba de analizar esta misma especie (se refiere a la piedra pesada) por cuestión de práctica. Halló algo de silicio, cantidad de hierro, mucha cal, apenas algún vestigio de arcilla y nada en absoluto de magnesia».

Al regresar a Bergara, es probable que Juan José trajera muestras del mineral para continuar los estudios.

El wolfram, hoy conocido como wolframita, wolframato doble de hierro y manganeso (FeWO₄.MnWO₄) es el mineral empleado por los hermanos Elhuyar, que lo llamaron fósil, y que ha dado lugar a una variedad de opiniones sobre su composición. El ejemplar que utilizaron procedía de las minas de estaño de Zinnualde, en la frontera de Sajonia y Bohemia.

En su *Memoria*, redactada por ellos para comunicar el descubrimiento del wolframio y para conocer las distintas etapas de su aislamiento, describen los resultados obtenidos por vía seca; al soplete, con sal de fósforo, borax y calentando solo o con nitro. Así descubren que contiene una mezcla de hierro y manganeso. Describen los fenómenos de oxidación con sus cambios de color y comienzan una

serie de tratamientos por vía húmeda para eliminar hierro y manganeso. Por un método original, obtienen una solución alcalina amoniacal del wolframato amónico a partir de la que obtienen por primera vez el trióxido de wolframio (WO₃). Para determinar su densidad emplearon un método original, que ellos describen detalladamente, que es increíblemente el método del picnómetro, atribuido años más tarde a Regnault, en el primer tercio del siglo XIX.

Por último, calcinando a fuego fuerte el ácido puro, obtuvieron el mencionado trióxido cuya reducción les permitió separar el metal wolframio.

Así, descrito de manera sencilla y clara, dieron a conocer los hermanos Elhuyar el resultado de sus investigaciones. Comenzaron por informar a los que habían inculcado en ellos el deseo de alcanzar tal descubrimiento.

Scheele, al conocerlo, se limitó a afirmar: «Celebro que el señor Elhuyar haya obtenido regulum tungsten», pero él fue un poco más explícito y tras insistir en algunos trabajos que el químico español fue alumno suyo en Upsala, escribió el siguiente relato: «Sometida a fuego intensísimo la tierra ácida separada de la piedra (la wolframita) por el modo acostumbrado, junto con el flogisto, al fin obtuvo el régulo metálico».

Por su parte, Hjelem (descubridor del molibdeno en 1783), que también fue profesor en Suecia de Juan José escribió: «El Señor Elhuyar ha descubierto un nuevo metal en la tierra de la piedra pesada, al que ha dado el nombre de wolfra-

mio». La noticia alcanzó rápida difusión y casi al mismo tiempo que se conocía en Suecia, se supo en la Europa culta. En Francia lo difundió la Academia de Ciencias, Inscripciones y Bellas Letras de Toulouse, publicándolo en 1784. Se incluyó en la *Memoria* de los descubridores, en su *Journal de Physique* y en el *Elemens d'Historie Naturelle et de Chemie de Fourcroy*, en la famosa enciclopedia francesa de D'Alambert y en la *Chemie appliquée aux arts* de Chaptal. Seguidamente, en 1785, la *Memoria* se tradujo al inglés y al alemán para su publicación.

En un principio, el wolframio descubierto por los hermanos Elhuyar pasó a ser uno de los metales carente de toda utilidad. Cien años más tarde, gracias al trabajo de investigadores como Taylor, Musat y Coolidge, este metal y sus derivados constituyen productos técnicos e industriales de gran importancia. Incluso se puede afirmar que el wolframio ha permitido crear modos de vida impensables antes de ponerse en práctica en muy distintas aplicaciones.

EL WOLFRAMIO COMO ELEMENTO QUÍMICO

El wolframio es uno de los llamados «metales pesados», el elemento de punto de fusión más elevado. Se usa para fabricar materiales resistentes al calor. Sus aplicaciones más importantes se basan en sus características mecánicas y térmicas. Da lugar a una gran variedad de compuestos químicos como los carbonilos, compuestos organometálicos usados en procesos catalíticos.

Desde la antigüedad, en la obtención de estaño a partir de sus minerales se encontraba otro mineral que originaba escorias. Al parecer, esta piedra «devoradora» del estaño, era llamada «spuma Lupi» por los alquimistas. Éste puede ser el origen del nombre alemán de este metal «wolfram» (en alemán, wolf-rahm es espuma de lobo).

Según las normas de la IUPAC, el símbolo es la letra W y en cuanto

Tabla 2. *Propiedades físicas del wolframio.*

Estado de la materia	Sólido
Punto de fusión	3.695 K (3.422 °C)
Punto de ebullición	5.828 K (5.555 °C)
Entalpía de vaporización	824 kJ/mol
Entalpía de fusión	35,4 kJ/mol

al nombre, se aceptan ambos, tungsteno o wolframio, aunque sus compuestos usan el nombre de wolframio. Es decir, se dirá wolframatos y no tungstanatos.

El wolframio pertenece al grupo VIA del sistema periódico de los elementos y pertenece a los elementos de la tercera serie de transición. Es uno de los metales pesados.

REACTIVIDAD QUÍMICA

El wolframio es inerte frente al aire y al oxígeno a temperatura ambiente. Comienza a oxidarse a los 400 °C. No reacciona con el hidrógeno. Tampoco reacciona con agua, salvo a altas temperaturas a las que forma el trióxido. Se oxida también a trióxido con NO, NO₂ y N₂O a altas temperaturas. El flúor lo ataca a temperatura ambiente, el cloro a unos 300 °C y el yodo a unos 800 °C, reacciona a altas temperaturas con boro, silicio, carbono, azufre, nitrógeno, selenio y telurio, for-

mando compuestos binarios. Forma carburos con el CO y nitruros con el amoníaco.

A menos de 100 °C no es atacado por la mayoría de los ácidos y las bases. Sin embargo, es atacado rápidamente por una mezcla de ácido fluorhídrico y nítrico a temperatura ambiente y por el agua regia a 100 °C.

Con bases reacciona lentamente en presencia de oxígeno y rápidamente con mezclas de NaOH y oxidantes.

Son muy numerosas las aleaciones que forma con otros metales.

APLICACIONES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DEL WOLFRAMIO

El wolframio se usa en los filamentos de las lámparas incandescentes, en resistencias eléctricas y, aleado con el acero, en la fabricación de herramientas. Se usa también en los alambres en hornos eléctricos y en

la producción de aleaciones de acero duras y resistentes. Se utiliza en la fabricación de bujías de encendido, contactos eléctricos, herramientas de corte y placas en tubos de rayos X. Se usa también en la industria militar y como material de barras de control de reactores nucleares debido a su capacidad de absorción de neutrones. Cuando se adiciona al hierro o al acero, el tungsteno mejora la dureza y la fuerza a temperaturas elevadas. El carburo de tungsteno (representa el 38% de todo el W) ha reemplazado al diamante en muchas aplicaciones para troqueles. Es uno de los mejores materiales para herramientas duras y retiene sus propiedades a altas temperaturas. El tungsteno metálico puro en alambre, barra y lámina (15%) es importante en lámparas eléctricas, productos electrónicos e industria eléctrica. Otras aplicaciones son varillas para soldar, blancos para rayos X, alambres de plomo, placas de distribuidores de automóviles y aeronaves,... Los heteropolícompuestos de wolframio y/o molibdeno se usan como catalizadores para la obtención de intermediarios o productos de química fina.

Davinia Blasco Jiménez,
Elizabeth Perozo Rondón,
Vanessa Calvino Casilda,
Santiago Ferrera Escudero,
M.^a Jesús Ávila Rey,
Antonio J. López Peinado
y Rosa M.^a Martín Aranda
Dpto. de Química Inorgánica
y Química Técnica

TALLER Y LABORATORIO

Experimento casero: Péndulo de torsión Medida de fuerzas pequeñas

INTRODUCCIÓN

En el año 1777, el físico e ingeniero militar francés Charles Augustin Coulomb (1736-1806) ideó una balanza de torsión (ver Figura 1) con la que estableció su

famosa ley sobre la atracción electrostática en 1785. Pocos años después, en 1798, el físico y químico británico Henry Cavendish (1731-1810) utilizó una balanza del mismo tipo para poner en evidencia la atracción gravitatoria entre los cuerpos y determinar la densidad de la Tierra. En ambos casos se realizaban medidas de fuerzas sumamente pequeñas. En el caso de Cavendish las fuerzas involucradas eran inferiores a la diezmilésima de N (el peso de una pulga), mientras que en el caso de Coulomb podían alcanzar la milésima o la centésima de N (el peso de un globo infantil).