

Historia de una Tabla Periódica

Luis Sánchez y Agustín Galindo

Resumen: En el Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Sevilla se encuentra una Tabla Periódica que contiene muestras reales de los elementos químicos (<http://personal.us.es/galindo/tabla.htm>). Con motivo de la celebración del *International Year of the Periodic Table of Chemical Elements (IYPT2019)* recogemos en el presente artículo la historia que hay detrás de la construcción de dicha Tabla Periódica.

Palabras clave: Tabla periódica; Elementos químicos; Departamento de Química Inorgánica; Sevilla.

Abstract: At the Inorganic Chemistry Department of the University of Seville there is a Periodic Table that contains real samples of chemical elements (<http://personal.us.es/galindo/tabla.htm>). On the occasion of the celebration of the *International Year of the Periodic Table of Chemical Elements (IYPT2019)* we here present the history behind the construction of this Live Periodic Table.

Keywords: Periodic table; Chemistry elements; Inorganic Chemistry Department; Seville.

Como conocen los lectores de nuestra revista, la Asamblea General de las Naciones Unidas, a propuesta de la UNESCO, ha proclamado el año 2019 como *International Year of the Periodic Table of Chemical Elements (IYPT2019)*.^[1] Ello se debe a que en este año se cumple el 150 aniversario de la propuesta que realizó Dimitri Mendeleiev sobre la ordenación periódica de los elementos químicos que hoy conocemos como Tabla Periódica (TP), el alfabeto del universo. La TP es un pilar de la Ciencia en general y de la Química en particular y, con motivo de esta celebración, hemos considerado de interés referir en este artículo no la historia de la TP^[2,3,4] sino la historia de una TP con muestras reales de los elementos químicos, que se encuentra en el Departamento de Química Inorgánica (QI) de la Universidad de Sevilla (Figura 1).^[5,6]

La idea original de construir una TP de estas características surge cuando uno de nosotros, Luis Sánchez, queda fascinado por las denominadas *Live Periodic Tables*



Figura 1. Tabla periódica con muestras reales de los elementos químicos ubicada en el Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Sevilla



L. Sánchez¹

A. Galindo²

¹ Instituto de Investigaciones Químicas, CSIC-Universidad de Sevilla, Avda. Américo Vespucio 49, 41092 Sevilla. C-e: ljavier@cica.es

² Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Sevilla, Apto. 1203, 41071 Sevilla. C-e: galindo@us.es

Recibido: 26/04/2019. Aceptado: 03/06/2019.

que encontró al visitar varias universidades inglesas (por ejemplo, el Imperial College de Londres) y estadounidenses. Lo que en principio fue solo un sueño personal, poco a poco fue tomando visos de realidad conforme iba avanzando en su formación académica como químico sintético en el seno del grupo de investigación del profesor Ernesto Carmona, durante el desarrollo de su Tesis Doctoral, y en su estancia postdoctoral en la Universidad de British Columbia. Esta idea inicial comienza a tomar forma de proyecto real a principios de la segunda mitad de los años ochenta, poco tiempo después de haberse trasladado la Facultad de Química desde su ubicación en la antigua Fábrica de Tabacos a su actual emplazamiento en el campus de Reina Mercedes. En una reunión informal de profesores y doctorandos se acoge con entusiasmo la idea y los participantes se comprometen a colaborar en el proyecto para llevarlo a buen término, destacando desde el primer

momento el valor didáctico de la idea y la posibilidad de que con dicha tabla se pudiera aumentar la motivación de los alumnos por el aprendizaje de la Química y su interés por el estudio de esta disciplina. Entre los asistentes a dicha reunión estaban, además de Luis Sánchez como organizador de la misma, varios profesores y estudiantes de doctorado del grupo de Química Organometálica del Departamento de QI de Sevilla como Ernesto Carmona, Manuel López Poveda, Pilar Palma, Agustín Galindo, Margarita Paneque, Miguel Angel Muñoz, Leopoldo Contreras, Juan Cámpora y Pedro Pérez.

En una primera revisión de los almacenes de productos químicos de todos los laboratorios del departamento de QI se encontraron alrededor de cincuenta elementos. Algunas de las muestras de elementos en polvo que teníamos en el laboratorio (Cr, Mo, W, Nb, Ta, Ni, Pd, Th y U) eran productos que empleábamos durante el desarrollo de las investigaciones del grupo de Química Organometálica que dirigía el profesor Ernesto Carmona sobre la síntesis y reactividad de compuestos organometálicos de estos metales en bajo estado de oxidación. En el seno del grupo de investigación estábamos también familiarizados con la manipulación de muchos otros elementos que utilizábamos, bien como reactivos bien para otros usos: Li, Na, K y Zn para reacciones de reducción, Mg para síntesis de los reactivos de Grignard, H₂ para reacciones de hidrogenación y O₂ para las de oxidación, Hg para preparar amalgamas reductoras de sodio, Ar y N₂ como gases inertes y este último en su forma líquida para la trampa de la línea de vacío, etc.

Una de las normas que se quiso mantener desde el inicio de la construcción de la TP fue que su coste resultara el menor posible, prácticamente cero, lo que se consiguió gracias al trabajo desinteresado de muchos y a las generosas donaciones de colegas y colaboradores. Así, los gases nobles Kr y Ne fueron cedidos por el profesor Guillermo Munuera, que disponía de un par de botellas de aluminio almacenadas en su despacho de no más de medio litro cada una de ellas, que usaba en experimentos de espectroscopía de dispersión de iones. El Ir en polvo fue cedido por el profesor Francisco González Vilchez, mientras que el profesor del CSIC José Manuel Criado regaló uno de los pequeños crisoles de Pt que utilizaba en sus investigaciones de cinética de sólidos inorgánicos.^[7] El Be lo suministró el profesor Manuel González y provenía de una ventana-barrera de un antiguo aparato de espectroscopía de fluorescencia de rayos X, que ya estaba inservible y listo para su desguace. El In procedía del servicio de RMN y se usaba para soldar algunos de los componentes de las sondas de detección de los equipos. Los miembros del departamento Alfonso Caballero y Jesús Benítez aportaron respectivamente los elementos Co y Rh, mientras que el profesor Fernando de Pablos del Departamento de Química Analítica proporcionó un poco de Tl. En los casos en los que fue necesario, las muestras de los elementos se purificaron y, posteriormente, su pureza y autenticidad se comprobaron con ayuda de las técnicas convencionales de caracterización.

Hay algunos datos curiosos que reseñar, por ejemplo los relativos a las muestras de los elementos cloro y oro. El primero se obtuvo de las síntesis que se realizaban en el la-



Figura 2. Muestras de pan de oro que se han utilizado para este elemento en la TP

boratorio durante las prácticas docentes. El Au fue cedido por el profesor Francisco González García, quien fue director del Departamento de QI y Rector de la Universidad de Sevilla. Él conservaba un “librito” que contenía varias hojas de “pan de oro” que estaba en el departamento desde los años 40 del siglo xx, cuando la Facultad de Ciencias se ubicaba en la calle Laraña en las antiguas dependencias de la Universidad de Sevilla (Figura 2). De origen desconocido, no se había usado nunca y fue la muestra escogida para este elemento en la TP. Su peso no llega al gramo, pero abulta mucho y, aunque resulta muy llamativo,^[8] no es muy tentador para los amigos de lo ajeno. Romper la ampolla y recuperar el poco oro que hay dentro es una labor bastante difícil, ya que al estar sellado a vacío esta operación produciría una entrada de aire brusca, lo que convertiría al pan de oro en un finísimo polvo adherido al vidrio que resultaría muy difícil de recolectar.

Otros muchos elementos de la TP provienen de donaciones de universidades extranjeras, principalmente inglesas y estadounidenses, y fueron obtenidos por profesores del departamento de QI, que aprovecharon sus estancias científicas en estos centros para conseguirlos. Especialmente fructífera para este fin fue la estancia sabática que realizó Ernesto Carmona en Oxford durante el curso 1989-1990. En los laboratorios de química de esta universidad disponían de abundantes elementos metálicos, ya que en el grupo del profesor Malcolm L. H. Green se preparaban algunos compuestos organometálicos mediante la evaporación y posterior condensación de los átomos metálicos en estado gaseoso en presencia de los ligandos apropiados. Ernesto consiguió muestras muy puras de Y, Zr, Hf, V, Nb, Ta, W, Re, Ru, Th, U, y de varios de los elementos lantánidos. La Figura 3 muestra un fragmento de un fax relacionado con este asunto. Por otro lado, Pilar Palma y Juan Cámpora consiguieron los elementos Ga y Ni, a raíz de su estancia en la universidad de Saint Andrews, mientras que Luis Sánchez obtuvo muestras cristalinas de B, Cr, Si y Te, así como algunos lantánidos y el P blanco con ocasión de su estancia con el profesor Richard A. Jones en la Universidad de Texas en Austin, a principios del año 1990. Por último, la delegación de Sevilla de la actual Air Liquide

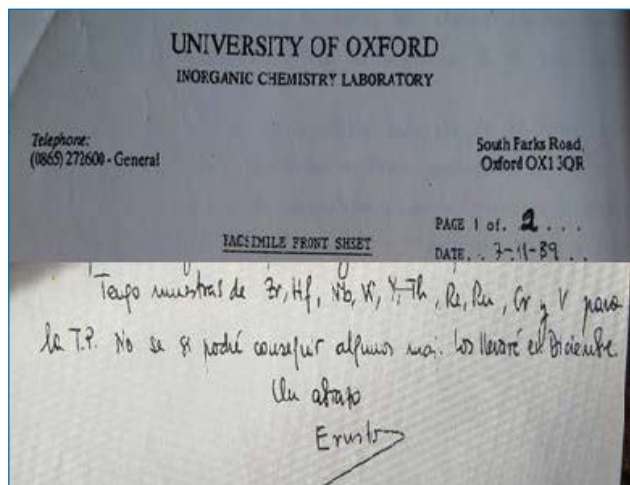


Figura 3. Fax del profesor Ernesto Carmona donde indicaba los elementos conseguidos para la TP

(entonces Sociedad Española del Oxígeno) proporcionó el Xe, mientras que las muestras de los metales Rb, Cs, Sc, La, Os, Ge, Ce, Pr, Nd y Eu fueron aportadas gentilmente por los profesores Miguel Seco de la Universidad de Barcelona y Stephen L. Buchwald del MIT de Boston, así como por la empresa comercial Strem Chemicals.

No todos los elementos que se encontraban en el departamento de QI se escogieron para exponerlos en la TP, ya que algunos fueron sustituidos por otros de mayor pureza o con apariencia física más atractiva, como por ejemplo el S y el Cu. Del primero se escogieron unos cristales de azufre nativo, provenientes de una mina de Conil de la Frontera (Cádiz), que aportó Juan Cámpora,^[9] mientras que del segundo se seleccionó una espectacular flor de cobre nativo hallado por el biólogo Jesús Sánchez en las minas de Aznalcóllar.^[10] Evidentemente, estas formas eran mucho más llamativas que las muestras de S y Cu en polvo de las que disponíamos en los laboratorios de QI.

Las muestras de los elementos metálicos que conseguimos obtener para la TP tenían diferentes formas. Las cristalinas, que lucen el particular brillo característico de los metales, eran sin duda las más notorias, aunque no suelen encontrarse en los laboratorios de Química, porque no suelen ser comerciales debido a su baja reactividad en comparación con otras formas menos compactas. Son por tanto difíciles de conseguir, aunque tuvimos la suerte de encontrarlas para muchos elementos y no dudamos en presentarlas de esta manera. Las que se muestran como polvos, virutas, gránulos, esponjas, lingotes, láminas, barras, pepitas, alambres o bolas, aunque menos vistosas, son ilustrativas ya que representan los diferentes modos en los que se suelen comercializar estos elementos. En los laboratorios de Química es frecuente encontrar virutas de magnesio, aluminio o hierro; barras y lingotes cubiertos de parafina de los elementos alcalinos y de algunos de los alcalinotérreos; pepitas de estaño; gránulos de zinc; bolas de níquel; alambres de estaño e indio; así como láminas y polvos de otros muchos elementos metálicos. En estos casos, siempre que tuvimos la ocasión de escoger entre varias formas,

seleccionamos aquellas que mejor exhibían algunas de las interesantes propiedades de cada elemento en particular. Algunos elementos, de los que solo disponíamos de muestras en polvo, estos se compactaron mediante el empleo de la prensa hidráulica con la que obteníamos las pastillas de KBr para el infrarrojo. La aplicación de varias toneladas de presión a vacío producía pequeños cilindros que eran los que se empaquetaban en la ampolla (*vide infra*).^[11]

Las primeras ideas concretas acerca de la construcción de la tabla tuvieron en cuenta dos puntos principales: a) cómo conservar muestras reales de los elementos químicos; y b) cómo disponerlos. Con respecto al primero, era evidente que para evitar su alteración con el tiempo se tenían que guardar en recipientes herméticamente cerrados. Con objeto de darle homogeneidad a la TP se decidió empaquetar todos los elementos con el mismo formato. Se seleccionaron unas ampollas de vidrio de borosilicato, de paredes gruesas (3 mm) y alta resistencia, lo que permite observar su interior y proporciona un medio inerte que evita cualquier alteración de los elementos. Para ello, se contó con una amplia colección de estas ampollas a través de la donación que realizó Juan Gálvez, propietario de la empresa Anorsur de Sevilla (Figura 4), que además de gran amigo es nuestro suministrador habitual de material de vidrio de laboratorio. Para evitar que el calor producido pudiera alterar o evaporar los elementos sólidos y líquidos, los procesos de soldar las dos partes en las que estaba dividida la ampolla y de sellarla a vacío se efectuaron enfriando la de abajo, donde estaba depositado el elemento, a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ mediante un baño de nitrógeno líquido. Una vez soldada la caperuza a la parte principal de la ampolla (ver Figura 4), esta se sellaba a vacío. La presión residual, de nitrógeno (o argón cuando existía la posibilidad de formación de nitruros como en el caso del Li), que quedaba en la ampolla era de 10^{-3} torr, justo lo que alcanzaba la bomba Edwards con la que estaba equipada la línea de vacío/atmósfera inerte en la que se llevaron a cabo todas las operaciones de sellado. Una vez cerrada la ampolla, por razones de seguridad se dejaba que la muestra enfriada en el baño de nitrógeno líquido alcanzara la temperatura ambiente lo más lentamente posible.

En el caso de los elementos gaseosos, la presión se ajustó aproximadamente a 2 bar sobre la atmosférica a la temperatura ambiente (3 bar de presión absoluta), una presión lo suficientemente baja para que la manipulación de la ampolla de vidrio de borosilicato fuera segura y no entrañara peligro alguno, al tiempo que lo suficientemente elevada como para almacenar algunas decenas de miligramos del correspondiente elemento gaseoso. Debido a los bajos puntos de ebullición de los elementos hidrógeno, helio y neón, estos gases se empaquetaron en sus correspondientes ampollas a presión inferior a la atmosférica, con objeto de poder sellarlos fácilmente. El proceso de sellado fue realizado íntegramente por Luis Sánchez mediante el uso de un soplete de gas natural/oxígeno con el vidrio calentado a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, que es la técnica habitual que utilizan los soldadores profesionales de vidrio. Estos trabajos de soldadura fueron arduos y en ocasiones peligrosos ya que en el interior se depositaban elementos muy reactivos, como los

alcalinos o el fósforo blanco que arde espontáneamente en contacto con el aire, o muy venenosos, como el berilio, el talio o el arsénico. Con objeto de ofrecer la necesaria seguridad en la manipulación y reducir la posibilidad de contaminación, algunos de los elementos se empaquetaron en ampollas dobles. Ese fue el caso de, por ejemplo, el Sc, que de los elementos no radiactivos de la TP es el que tiene un mayor precio de mercado y es muy reactivo en contacto con el aire. Otros elementos inestables al aire, como los alcalinos Rb y Cs, o algunos de los lantánidos, también se empaquetaron de esa manera.

Los elementos Na y K, que tienen puntos de fusión relativamente bajos, se fundieron en sendos matraces y se introdujeron en las ampollas en estado líquido. En las condiciones en las que se efectuaron las transferencias de estos metales en estado líquido, el sodio adquirió una ligera tonalidad amarilla,^[12] mientras que la del K fue azul.^[13] Estos colores característicos son el resultado de reacciones superficiales que reflejan su identidad y se manifiestan como señales diferenciadoras. Por ello no se ha creído conveniente la eliminación de estas finas capas que se encuentran depositadas sobre la superficie de estos elementos. La misma norma se ha seguido con algunos de los restantes elementos de la TP, que también presentan una ligera contaminación superficial, principalmente formada por sus óxidos. El elemento Ga originó algunos problemas debido a su bajo punto de fusión, 30 °C, que al estar bajo vacío es algo inferior. Con el clima local, este elemento se fundía en verano y se volvía a solidificar durante el invierno. La diferencia en las densidades de ambas fases provocaba que en invierno la ampolla se resquebrajara. La solución fue depositar en la ampolla una cantidad de galio lo suficientemente pequeña para que no hiciera mucha presión sobre el vidrio, evitando de esta manera que se rompiera al solidificar.^[14]



Figura 4. Ampolla de vidrio empleada para almacenar los elementos

Finalmente, conviene señalar que el yodo empaquetado a vacío presenta un dinamismo constante que hace que los cristales de este elemento se sublimen con facilidad y se depositen en la zona más fría de la ampolla, que es la del fondo de la cuadrícula de madera en la que está situada. Si le damos la vuelta a la ampolla, podemos ver como lenta y sistemáticamente, durante el trascurso de unas pocas semanas, los cristales migran espontáneamente hacia la parte opuesta de donde estaban en un principio.^[15]

Después de casi treinta años de exposición, ningún elemento de los empaquetados parece haber experimentado transformación alguna, excepto el fósforo. El P blanco fue una donación de la Universidad de Austin, USA, y se hallaba empaquetado bajo agua. Con el paso del tiempo y la acción de la luz fue adquiriendo tonalidades más amarillentas hasta casi rojas correspondientes a la transformación a su variedad alotrópica más estable.^[16] En el año 2017 se consideró conveniente substituir la variedad de fósforo blanco por el rojo, que es el que se puede ver en la actualidad.

En relación con el segundo punto, la forma de disponer los elementos, cabe destacar la contribución del entonces estudiante de doctorado Pedro Pérez. Él realizó una pequeña maqueta de madera con la propuesta de diseño de la TP (Figura 5), maqueta que se conserva en el antiguo despacho de Luis Sánchez en el Instituto de Investigaciones Químicas en el centro de investigación CicCartuja (CSIC).^[17] Esta maqueta fue la que sirvió de base a la construcción del armazón actual, un mueble de madera de tamaño 1,92 x 1,28 m (Figura 1), obra que realizó de manera desinteresada el carpintero del servicio técnico del campus científico de Reina Mercedes.

El Departamento de QI de Sevilla tuvo a lo largo del siglo pasado una gran tradición investigadora en el campo de las arcillas. Por este motivo, se decidió que el diseño gráfico de la TP consistiera en pequeños azulejos cerámicos, que irían colocados en el fondo de cada una de las celdillas del mueble de madera destinadas a albergar los distintos elementos. El profesor Guillermo García Ramos, especialista en la materia, se ofreció desde el primer momento a asesorarnos y a introducirnos en las técnicas de

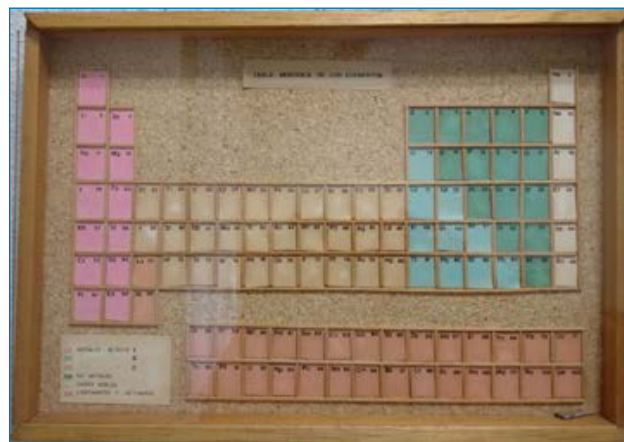


Figura 5. Maqueta original de la propuesta de construcción de la TP

elaboración de la cerámica. En primer lugar, se preparó la “galleta” de color rojizo para, a continuación, con un fumigador antiguo de émbolo de mano fabricado en latón (Figura 6; no se disponía de pistola de compresor), depositar sobre ella una fina capa de engobe^[18] que se dejaba secar. Los engobes se preparaban añadiéndoles pequeñas cantidades de óxidos coloreados (entre un 3 y 4%) para que el azulejo final adquiriera diferentes tonalidades dependiendo del tipo de elemento: violeta para los metales alcalinos y alcalinotérreos, amarillo para los metales de transición, verde para los metales de los grupos principales, rosa para los no metales, naranja para los lantánidos y actínidos y finalmente sin colorear para los gases nobles (Figura 1). Posteriormente, se procedió a pintar el azulejo sobre el engobe.

En la parte central se colocó la estructura y se utilizaron diferentes modelos para representarla con objeto de darle mayor diversidad. En la superior, de izquierda a derecha, se representó el símbolo químico, el nombre antiguo, la alegoría clásica y el número atómico. En la inferior izquierda se especificó la abundancia del elemento en la corteza terrestre y la forma en la que normalmente se encuentra en la naturaleza, mientras que el año y el nombre de su descubridor se dispusieron en la parte inferior derecha (Figura 7). Por último, con el mismo fumigador antiguo de mano, se depositaba el vidriado final sobre la manufactura anterior y el azulejo final se ponía a cocer entre 900 y 950 °C en los hornos de investigación que el grupo de arcillas del Departamento puso gentilmente a nuestra disposición. En la tarea de pintar azulejos intervinieron muchos compañeros, entre los que cabe destacar a Jesús Moreno, quien también se encargó de dibujar el retrato de Mendeleiev que encabeza el expositor de la TP (Figura 8). Los nombres de los elementos se grabaron sobre tiritas de latón que se colocaron justo en la parte inferior de cada una de las celdillas de madera de la TP (Figura 7).

En la actualidad, la TP contiene muestras reales de 83 elementos químicos, todos los que se pueden exponer y conservar sin necesidad de adoptar precauciones especiales. Entre los que las requieren está el flúor, que no se puede almacenar en vidrio debido a su alta reactividad, y constituye el único de los elementos no radioactivos que no se encuentra en nuestra TP en su estado elemental; en su lugar hay una muestra de teflón. Los veinte que faltan para componer la TP clásica de 103 elementos son muy radioactivos y en consecuencia no se pueden exponer. En su



Figura 6. Fumigador utilizado en la preparación artesanal de los azulejos de cada elemento



Figura 7. Ejemplo de azulejos de algunos elementos

lugar se muestran fotografías del elemento, de alguno de sus compuestos, o de la nota de un cuaderno de laboratorio donde se describe su detección y descubrimiento. En las últimas décadas, se han añadido a la TP quince elementos nuevos, hasta completar los 118 que se conocen hasta el presente.^[19] Todos son inestables, altamente radiactivos y se ubican a continuación del actinio. De estos elementos no se han incluido todavía las celdillas correspondientes en la TP.

Como se ha comentado al inicio, el principal objetivo de la elaboración de esta TP con elementos reales es su uso didáctico. A la mayoría de las personas les parece interesante ver con sus propios ojos qué aspecto presentan los elementos de este maravilloso alfabeto que utiliza la naturaleza para componer toda la materia que existe en el Universo. Por ello, la contemplación de la TP puede contribuir a acrecentar la motivación de los alumnos en el aprendizaje de la Química y a aumentar el interés por su estudio.

Nuestra TP con muestras reales de los elementos químicos, original y emblemático acervo científico de la Universidad de Sevilla, está colocada en el pasillo de entrada al Departamento de QI y, sin excepción, atrae la atención de todos los alumnos, profesores y visitantes que pasan por allí. Aunque no está abierta al público en general, la pueden visitar los estudiantes de otros centros educativos que soliciten el correspondiente permiso a las autoridades académicas competentes. Ver esta TP, y recibir algunas explicaciones precisas sobre ella, es una de las actividades que realizan muchos estudiantes, sobre todo alumnos de secundaria en las distintas visitas concertadas o en jornadas de divulgación. Por ejemplo, en días cercanos a la festividad de San Alberto Magno tienen lugar, en el marco de la semana de la Ciencia, las jornadas de divulgación QUIFIBIOMAT que todos los años organiza la Facultad de Química junto con las facultades del campus científico de Física, Biología y Matemáticas. Para finalizar



Figura 8. Encabezado de la TP con el retrato de Dimitri Mendeleiev

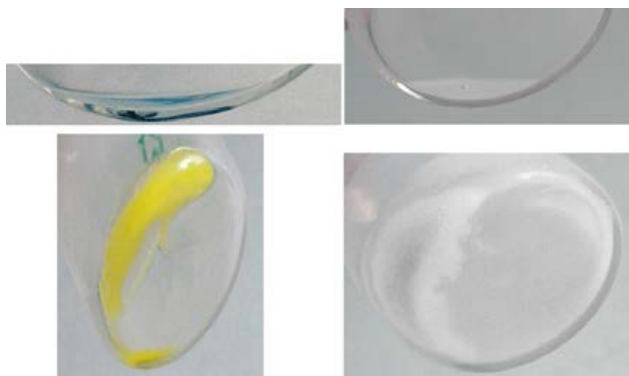


Figura 9. Muestras de oxígeno líquido, xenón líquido, cloro sólido y xenón sólido

esta historia de nuestra TP comentaremos a continuación algunas de las experiencias que se realizan durante estas visitas de divulgación.

Las ampollas de los elementos gaseosos cuyos puntos de fusión o ebullición son superiores a la temperatura del nitrógeno líquido permiten realizar experimentos interesantes, ya que al enfriarlas en un baño a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ se pueden observar dichos elementos en estado líquido, y en algunos casos también en estado sólido. Aprender la ligera tonalidad azul del oxígeno líquido, el xenón líquido o ver los elementos Cl, Kr o Xe en estado cristalino son experiencias difíciles de olvidar (Figura 9).

Las muestras de torio y de uranio, este último empujado en el isótopo 235, que se exponen en la TP, presentan una actividad radiactiva de apenas unos cuantos centelleos por segundo, cantidad muy por debajo de la que puede entrañar algún peligro para la salud, pero que hace las delicias de los estudiantes que acuden a visitar la TP provistos de un contador Geiger y observan, al acercar el aparato a estos elementos, cómo la aguja del detector se coloca ligerísimamente algo más arriba de lo que lo hace cuando miden la radiactividad que usualmente hay en su ambiente habitual. Por otro lado, el ferromagnetismo que presentan los elementos hierro, cobalto y níquel se puede comprobar fácilmente acercando un imán a las ampollas que contienen estos elementos. En invierno, este fenómeno también lo presenta el gadolinio (su temperatura de Curie es $16\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Estos jóvenes visitantes se muestran interesados por cuestiones muy diversas, como el aspecto exterior de los elementos, su estado de agregación, cuáles son metales y cuáles no; preguntan por aquellos que son más abundantes, más reactivos, más venenosos, más caros, por los que se

pueden encontrar en la Tierra en estado nativo, por los radiactivos, los magnéticos, los de mayor utilidad industrial. Algunos más avisados también se interesan por los que son esenciales para la vida y forman parte de los seres vivos, por los elementos conocidos desde la antigüedad, por los que forman moléculas o los que se disponen en redes cristalinas, etc. El interés que despiertan en ellos las respuestas a sus preguntas o la ilusión al conocer los tres elementos, V, W y Pt, con los que los españoles han contribuido a la TP, es una satisfacción que justifica, sin ninguna duda, la construcción de nuestra TP.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los que han participado en esta historia y han contribuido a la creación de la Tabla Periódica. Se agradecen los comentarios y sugerencias recibidos, durante la redacción de este artículo, de los profesores Ernesto Carmona y Pedro Pérez.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://www.iypt2019.org/>
- [2] Eric R. Scerri, *The periodic table: its story and its significance*, Oxford University Press, 2007.
- [3] O. Val, *An. Quím.* **2015**, *111*, 109-117.
- [4] J. Elguero, P. Goya, P. Román, *La tabla periódica de los elementos químicos*, Ed. CSIC, Madrid, 2019.
- [5] <http://personal.us.es/galindo/tabla.htm>
- [6] <http://www.youtube.com/watch?v=hXdOIFdrmes>
- [7] Véase: <http://personal.us.es/galindo/078Pt01.jpg>
- [8] Véase: <http://personal.us.es/galindo/079Au01.jpg>
- [9] Véase: <http://personal.us.es/galindo/016S01.jpg>
- [10] Véase: <http://personal.us.es/galindo/029Cu01.jpg>
- [11] Por ejemplo, el cobalto: <http://personal.us.es/galindo/027Co01.jpg> o la plata: <http://personal.us.es/galindo/047Ag01.jpg>
- [12] Véase: <http://personal.us.es/galindo/011Na01.jpg>
- [13] Véase: <http://personal.us.es/galindo/019K01.jpg>
- [14] Véase el Ga sólido en: <http://personal.us.es/galindo/031Ga01.jpg>
- [15] Véase los cristales de yodo sublimado en: <http://personal.us.es/galindo/053I01.jpg>
- [16] Véase: <http://personal.us.es/galindo/015P01.jpg>
- [17] <http://www.iiq.us-csic.es/>
- [18] <http://dle.rae.es/?id=FNbSqLN>
- [19] <http://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>