

**150 años de
la publicación
de la tabla
periódica**

**Un Catálogo
para Predecir
el Universo**

Como acostumbra a ocurrir en ciencia, fueron muchos los hallazgos previos que posibilitaron a Mendeléyev, hace 150 años, publicar su tabla periódica. La clasificación constituye hoy en día una disposición de los elementos químicos, ordenados por su número atómico (número de protones), por su configuración de electrones y por sus propiedades químicas. Este ordenamiento muestra tendencias periódicas, que se perciben en las filas, así como elementos con comportamiento similar en la misma columna o grupo.

La Asamblea General de Naciones Unidas ha proclamado 2019 como Año Internacional de la Tabla Periódica.

A juicio del profesor de Química de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche Francisco Javier Gómez Pérez, un acontecimiento previo que posibilitó la concepción de esta herramienta fundamental para la ciencia tuvo lugar cuando, en 1805, el cuáquero John Dalton propuso la teoría atómica para dar respuesta a si la materia era infinitamente divisible. A partir de esa hipótesis, que ya se había planteado en el siglo V antes de Cristo, Dalton postuló que los elementos estaban constituidos por partículas diminutas llamadas átomos, indestructibles e indivisibles. La más importante de sus relevantes investigaciones.

A lo largo del siglo XIX se vislumbró un gran avance en cuanto al conocimiento de la naturaleza y de cuáles eran los componentes de la materia. Como explica el profesor Gómez, surgieron métodos que permitieron medir las masas atómicas (inicialmente trabajando y comparando gases) y así diferenciar los elementos. "Se dieron cuenta de que uno y otro elemento tenían comportamientos y reacciones similares. Esto sugirió a los científicos de la época que debía haber alguna relación entre ellos y que podrían clasificarse de forma que se obtuvieran grupos o categorías", explica el químico. De manera que durante el siglo XIX, surgieron distintas tablas de ordenación de los elementos.

Y en 1869, Mendeléyev propuso su tabla periódica, en la que dispuso todos los elementos conocidos en aquella época, un total de 63, "poco menos del 60% de los que hay en la actualidad", subraya Francisco Javier Gómez y explica que la gran diferencia de la aportación de Mendeléyev respecto a otros listados propuestos con anterioridad es que además de que ordenó los elementos según su masa atómica y situando en una misma columna los que tuvieran algo en común, al hacerlo se dejó llevar por una gran intuición: se atrevió a dejar huecos, postulando la existencia de elementos desconocidos hasta ese momento. Cuando años más tarde se descubrieron el escandio, el galio y el germanio, cuyas propiedades se correspondían con las predichas por el ruso, y se descubrió un nuevo grupo de elementos (los gases nobles) que también encontró su sitio en la tabla, se puso de manifiesto no sólo la veracidad de la ley periódica, sino su importancia y utilidad.

Para el profesor Gómez, lo curioso del caso es que Mendeléyev llevó a cabo una ordenación por familias de elementos que se

parecen mucho en su composición y sus propiedades, a pesar de que las propiedades químicas vienen dadas por la nube electrónica, algo que no se sabría hasta 50 años después. Y para ello resultó determinante el descubrimiento de la electricidad, que tuvo lugar a mediados del siglo XIX.

En primer lugar, con la electrólisis, se consiguió descomponer el agua (H_2O) en los gases oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) por medio de una corriente eléctrica. Y a principios del siglo XX, los famosos experimentos llevados a cabo por Ernest Rutherford permitieron a los científicos descubrir que el átomo estaba formado, en su mayoría, por espacio vacío, con toda su carga positiva concentrada en su centro en un volumen muy pequeño, rodeado por una nube de electrones.



Francisco Javier Gómez Pérez
Prof. del Área de Química Física de la UMH

"Todos los procesos productivos, desde los fertilizantes a los colorantes o los fármacos, de alguna forma, parten del conocimiento que recoge la tabla periódica"

Por este conjunto de experimentos Rutherford recibió el Premio Nobel de Química. Al respecto, Gómez explica: "El mundo subatómico no podía ser más distinto de lo que se imaginaba. Se demostró que el espacio que ocupa un átomo está prácticamente vacío, poblado de electrones". Y a continuación, el profesor realiza el siguiente símil: "Si ampliásemos el tamaño de un átomo hasta alcanzar el de una esfera de 1 m de diámetro, el 99,9 % de su masa se localizaría en su núcleo, que tendría un diámetro de 0,1 mm, mientras que los electrones (menos de 0,1% de su masa) ocuparían el espacio restante. Para hacerse una idea de la enorme densidad del núcleo atómico, sería el equivalente a comprimir la Gran Pirámide de Giza (cuya masa se estima en 5,9 millones de toneladas), hasta que ocupase el tamaño de una moneda de un céntimo de euro.

Con la llegada del siglo XX, empezó a desarrollarse la teoría de la nueva física cuántica, la física de las partículas subatómicas que, finalmente, ofreció una explicación a cómo se organizan los electrones y de su reactividad. "Pero hay que tener muy en cuenta que en la época de la publicación de la tabla de Mendeléyev, se desconocía completamente qué eran los protones y los electrones, no sabían nada de la estructura del átomo y ahí reside precisamente el valor de este hito científico", subraya el profesor.

La posibilidad de predecir cuál va a ser la reactividad de los distintos elementos abrió las puertas a un desarrollo espectacular de la química orgánica, de la química inorgánica y de la química sintética: "Todos los procesos productivos que van desde los fertilizantes a los colorantes o los fármacos, de alguna forma, parten del conocimiento que recoge la tabla periódica", explica Gómez. Para el químico de la UMH, lo más interesante no es tanto la información individual de cada elemento de la tabla, sino la capacidad que ofrece a los químicos para encontrar relaciones periódicas: "Predecir cómo variará la materia al pasar del fósforo al azufre, o al cloro; predecir si la molécula va a ser soluble en agua o no; si va a poder tener un punto de fusión alto o si va a ser muy reactiva o poco reactiva. Y todo ello, gracias a lo que te enseña la tabla periódica".

Un verdadero catálogo concebido para predecir el universo.

Mendeléyev*

y su fe en la ciencia

La vida de Mendeléyev es una historia digna de Juego de Tronos. O, quizás, de Tolstoi aderezado con un twist de fuego valyrio. Dmitri Ivánovich Mendeléyev nace en Siberia en 1834. Cuando solo tiene 13 años, su padre -Iván Pávlovich Mendeléyev, profesor de escuela que había perdido su trabajo años atrás al quedar ciego- muere. Lejos de desfallecer, su madre Maria Dmitrievna Mendeleeva reconstruye una vieja fábrica de vidrio abandonada para mantener a la familia y poder mandar al prometedor Dmitri, el más pequeño de 15 hermanos, a la universidad. Un año más tarde, la fábrica se incendia y, habiendo dejado al resto de sus hijos lo mejor colocados posible, Maria coge a Dmitri, un caballo y todas las pertenencias que pueden llevar consigo y marcha unos 2.000 km hasta la Universidad de Moscú. Allí intercede en favor de su hijo, argumentando que posee una mente brillante que debe ser puesta al servicio de la ciencia. La Universidad le rechaza. Lo mismo ocurre al segundo intento, en la Universidad de San Petersburgo. Finalmente, Dmitri podrá ingresar en el Instituto Pedagógico Principal de la capital.

Al terminar sus estudios Mendeléyev contrae tuberculosis y pasa dos años en la península de Crimea como profesor de ciencias mientras se recupera de la afección. Su primera gran obra fue un libro de texto sobre química orgánica, publicado en 1861 y premiado por la Academia de Ciencias de Rusia. Su primer matrimonio fue un fracaso. Dicen, aunque no es verdad, que Mendeléyev también inventó el vodka ruso, que fue un subproducto de su tesis doctoral *Un discurso sobre la combinación de alcohol y agua* defendida en 1865. Pero el vodka llegó a Rusia en el siglo XIV, fue un regalo de un embajador de Génova al príncipe Dmitri Donskói. Además, la tesis de Mendeléyev hace referencia a concentraciones de alcohol superiores al 70%, algo más fuertes que la popular bebida rusa.

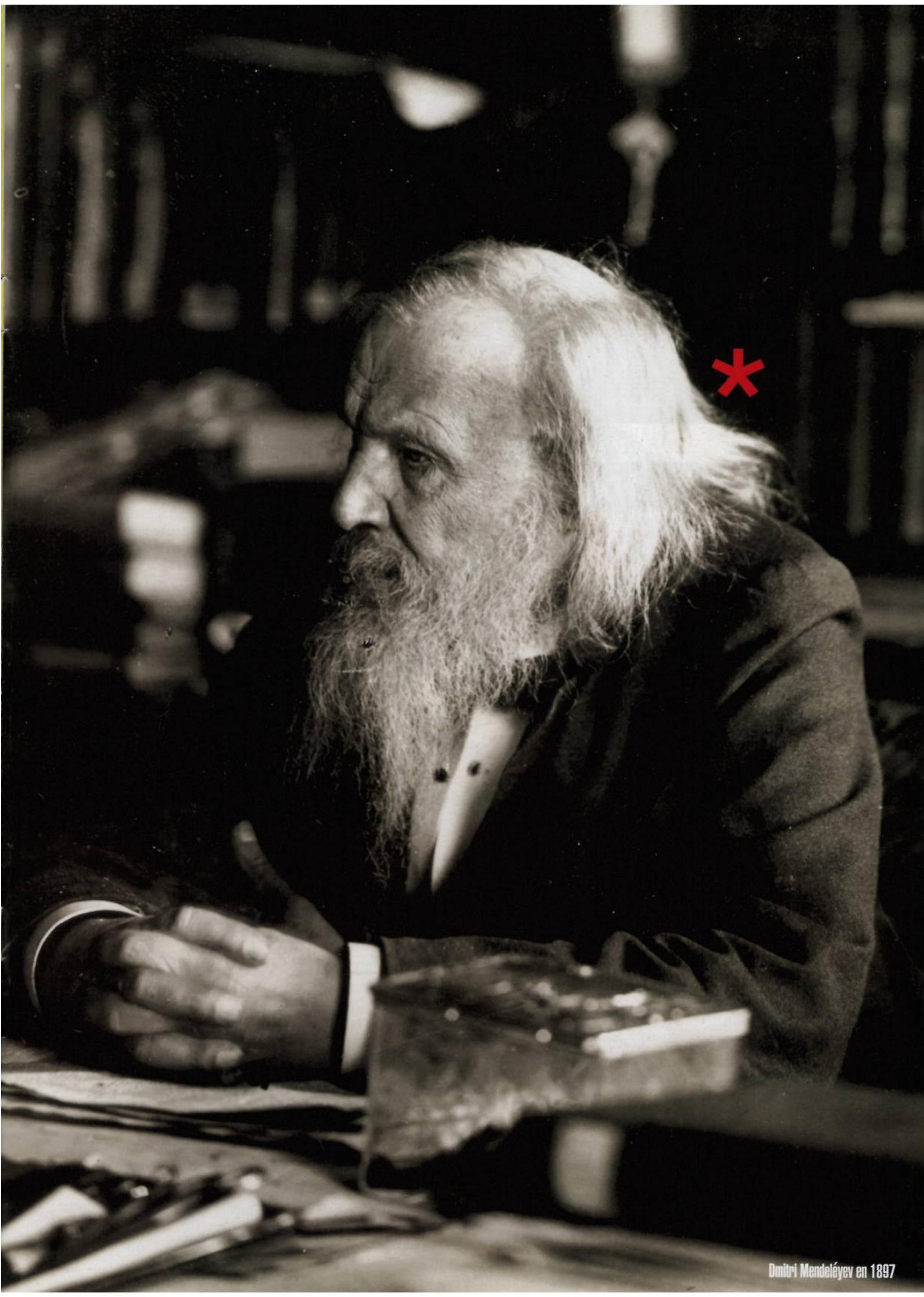
En 1868, pasa a ser profesor de química inorgánica. No debió convencerle ninguno de los manuales disponibles en el momento porque decidió crear su propio libro de texto, que acabaría por tener continuadas ediciones traducidas al alemán, al inglés y al francés. Fue durante la composición

Tabla periódica de los elementos

de este libro que Mendeléyev se dio cuenta de la periodicidad de los elementos. "Li, Na, K, Ag se relacionan entre sí como C, Si, Ti, Sn, o como N, P, V, Sb", escribió. Todo este trabajo culminaría en la mayor de sus obras, *Principios de química*, donde proponía su tabla periódica.

Dmitri viajó por toda Europa. Conoció a los Curie, a Bunsen, a Cannizzaro. Hizo poderosos amigos y enemigos. Ayudó en la construcción de la primera refinería petrolera en Rusia y elaboró una receta para pólvora sin humo, a la que llamó "pyrocolloid". Experimentó con nuevos fertilizantes y fue miembro de numerosas sociedades científicas, directa o indirectamente relacionadas con la química. La aerodinámica y la hidrodinámica le fascinaban por igual. Participó en el diseño del Yermak, el primer rompehielos del Ártico, y preparó un viaje en globo para estudiar un eclipse solar. El plan se estropeó por la lluvia, pero el intento le valió mucha popularidad. No la suficiente, por lo visto, para ganar el Nobel de Química. Aunque fue propuesto tres veces y casi lo consigue en 1906. Pero Svante August Arrhenius, creador de la teoría de la disociación electrolítica -y un Lannister para su Stark- le tenía ganas y poco a poco convenció al jurado para que retiraran su apoyo al científico ruso. Dmitri Ivánovich Mendeléyev murió un año más tarde en San Petersburgo. Cuentan que con sus últimas palabras citó la novela *Las aventuras del capitán Hatteras*, de Julio Verne:

"Doctor, usted tiene la ciencia, yo tengo la fe".



Dmitri Mendeléeiev en 1897



Los elementales de Ángela Sastre y Fernando Fernández

Los investigadores del Instituto de Bioingeniería de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche presentan algunos de sus elementos químicos favoritos. Pertenecen al grupo de investigación Diseño y Síntesis Molecular de la UMH. En su laboratorio y en sus despachos se pueden consultar distintas copias de la tabla periódica, desde grandes formatos con dibujos alegóricos de los elementos, hasta pequeñas ediciones en japonés donde la reactividad de los átomos se representa con personajes de distinto peinado. Curiosidades que han coleccionado a lo largo de su carrera.



Para la directora del Instituto de Bioingeniería, Ángela Sastre, el **carbono** es el elemento fundamental porque es básico para la química orgánica: "Todo lo que hacemos en el laboratorio tiene que ver con enlaces carbono-carbono".

El átomo de carbono tiene cuatro electrones en su capa exterior, lo que le permite enlazarse con hasta cuatro átomos, es tetravalente. Para su trayectoria científica, enfocada a la búsqueda de compuestos con propiedades optoelectrónicas con aplicaciones en biotecnología y en nanotecnología, es muy importante que haya enlaces carbono-carbono, sencillos y dobles. A través de los enlaces, los electrones cambian de sitio y esto confiere a las moléculas sintetizadas en su laboratorio interesantes propiedades de conducción y excitación con distintas aplicaciones. Los fullerenos (estructuras cerradas de carbono descubiertas en 1985), los nanotubos de carbono (estructuras cilíndricas creadas en 1991) y el grafeno (una lámina de dos dimensiones de átomos de carbono aislada en 2004) revolucionaron el conocimiento de las estructuras moleculares de este elemento. Actualmente, uno de los grandes objetivos de la ciencia es descifrar la relación de las propiedades de las moléculas de carbono con el origen de la vida.



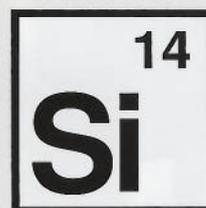
"El más importante es el **hidrógeno**", replica Fernando Fernández, "porque es el primero y es el combustible que utilizan las estrellas". Entre el primer segundo y los dos minutos

tras el Big Bang, protones y neutrones se fundieron formando los primeros núcleos atómicos: hidrógeno y después helio, que siguen siendo los dos elementos más abundantes del Universo. Hidro genos significa productor de agua. Tal como indica el investigador, "si no hubiera enlaces de hidrógeno, las propiedades del agua serían totalmente diferentes". La molécula más conocida, H₂O, debe muchas de sus propiedades al enlace de hidrógeno. Sin éste, el agua fundiría a -100 °C y haría ebullición a -80 °C. Malas condiciones para ser la base de la vida como la conocemos.



"Del **boro** me gusta su simetría. Uno de los compuestos, las subftalocianinas, a los que tengo mucho cariño y con los que no he trabajado desde mi tesis doctoral, contienen boro", relata Sastre.

Se extrae principalmente del Valle de la Muerte en California, donde se encuentra en formas minerales. Este elemento ha acompañado a la humanidad durante toda su historia. Desde los productos que utilizaban los antiguos egipcios para embalsamar a sus muertos, al interior de los reactores nucleares, para modular la producción de energía. Las ftalocianinas que investiga Sastre son compuestos parecidos a los que se encuentran en la hemoglobina de la sangre o la clorofila de las plantas. Estas moléculas producen colores muy vivos, se utilizan en pinturas y tintes y pueden albergar en su interior más de 70 elementos de la tabla periódica. Un elemento que utiliza habitualmente en la preparación de las ftalocianinas es el **zinc**, que sirve como plantilla para ayudar en el proceso de su síntesis y que confiere a dichas moléculas propiedades muy interesantes en sus estados excitados para aplicaciones, por ejemplo, en terapia fotodinámica contra el cáncer y en la preparación de células solares.



"Un elemento al que tengo especial cariño es el **silicio**", dice Fernández. En Alemania, trabajó con ftalocianinas de silicio y actualmente también trabajan en el Instituto de Bioingeniería en su preparación.

Según explica el investigador, este elemento vive una apasionada historia de amor con el **flúor**, *affaire* aprovechado muchas veces para provocar reacciones químicas en el laboratorio. Por ejemplo, para sustituir el silicio de un compuesto por **indio** sin necesidad de trabajar a temperaturas bajo cero y con otras técnicas muy complicadas. "Otro elemento importante es el **wolframio**", indica Fernández. El único elemento aislado en la península ibérica por los hermanos Elhuyar y una de las tres contribuciones de españoles a la tabla periódica junto con el **vanadio** y el **platino**. "Y como elemento curioso está el **tecnecio**". Cuando en la serie Big Bang Theory sale la pregunta "¿Cuál es el elemento químico más ligero que no tiene isótopos estables?", Fernando Fernández conoce la respuesta. Es el tecnecio que, a pesar de estar en mitad de la tabla junto a elementos naturales y abundantes, es artificial y tiene una vida media de 6 horas que suelen emplearse en la monitorización de cánceres difíciles de detectar.