

LAS DOS JOYAS MUY ANTIGUAS REDESCUBIERTAS EN EL SIGLO XVIII: EL ORIGEN DE LOS NOMBRES DEL CIRCONIO Y DEL BERILIO

Desde los tiempos más remotos se admiraba una piedra preciosa muy abundante en la India y que actualmente se conoce con el nombre de **JACINTO**, de color naranja, que en oriente era llamada **JAKUT** o **JAKINT** y que en Grecia sería **HYAKINTOS** (**Β** χιθθος). La Biblia hace referencia a ella en el Apocalipsis de San Juan. Torbern Bergman, a mediados del XVIII, la había analizado sin encontrar nada que le hubiera llamado la atención. Klaproth, en 1789, descompone una de dichas gemas y encuentra una nueva sustancia. Para confirmar el descubrimiento consigue gracias a la generosidad del príncipe Dimitri Gallitzin una nueva piedra preciosa similar, esta vez procedente del Perú, la analiza y obtiene la siguiente composición que se compara con el resultado anterior:

CIENTÍFICO	SÍLICE	ALÚMINA	ÓXIDOS DE HIERRO	CAL	JARGONIA
Bergman (1750)	25%	40%	13%	20%	
Klaproth (1789)	25%		5%		70%

Consideradas las diferencias se puede observar que el problema que tuvieron los científicos anteriores a Klaproth, fue creer que era alúmina casi todo lo que aparecía en su composición, lo que enmascaraba a sustancias nuevas.

JARGONIA o **JARGONZA** era el nombre por el que era conocida dicha piedra en Europa, mientras que en Ceilán (Serendib), de donde eran originarias la mayoría, se las llamaba **ZERKON**. Klaproth va a proponer nominar a dicha sustancia como **ZIRCONERDE** o **TIERRA DEL ZIRCON**, de la que extraerá el **ZIRCONIUM**. Por lo tanto el **CIRCONIO** castellano y el **ZIRCONIUM** inglés derivan de **ZERKON**, que lo hace del árabe **ZARGUN** con el significado de dorado, color de la piedra preciosa. A su vez el árabe lo toma del antiguo persa, en el que **ZERK**, significaba la piedra preciosa por antonomasia. Realmente el origen puede ser mucho más remoto, dada la antigüedad en el conocimiento de dichas piedras, que siempre han tenido que llamar la atención al hombre. Ya nos hemos referido que lo dorado y rojizo, está asociado al fuego, por él a lo caliente y a lo bello, y a través del oro, a lo resplandeciente. Pues bien, en letón **SARK** es rojizo, que en lituano es **SARTAS**. En bohemio, caliente es **ZARKIT**. Calor en ruso es **ZAR**, y resplandeciente es **ZARIT**, incluso en avéstico, **ZARI**, hace referencia al oro; no debe olvidarse que en sánscrito **SAND** es brillar; precisamente de ello surgirá el shine inglés. Por lo tanto es en cierto modo lógica su conexión con las voces persas a través del indoeuropeo ya que antiguamente se comerciaba con piedras preciosas y las caravanas propagaban los nombres, de forma que los actuales son los mismos que se empleaban hace tres mil años. El significado común sería el de una piedra dorada o rojiza que brillaba a la luz, y que por ese motivo llamaba la atención.

Como es lógico Klaproth tampoco obtuvo el metal puro, sino su óxido. Aquél sólo será aislado por Berzelius en 1824. Este elemento no fue sólo parte de una joya, sino que los últimos cien años generará una serie de aplicaciones tecnológicas muy importante. Muy resistente al calor¹, a la corrosión, a las radiaciones duras, pero al mismo tiempo maleable y dúctil, va a ser un constituyente fundamental en los reactores nucleares y en los cohetes espaciales. Mezclado con el oro sustituye con ventaja a la aleación platino iridio.

El último metal descubierto en el siglo XVIII, también se encontraba oculto en una piedra preciosa, la esmeralda verde, conocida ya por los egipcios y los etíopes con el nombre de **BERILO**, que va a originar el griego **BERYLLOS** (βήρυλλος), y el latino **BERYLLUS** y posteriormente ya en el siglo XV, **BERIL**. De este nombre para designar el cristal derivarán **VIRIL** y **VERIL**; más tarde, según algunos lingüistas, **VIDRIO**. O sea que el español **VIDRIO**, al igual que **BRILLO** y **BRILLAR**, podrían proceder probablemente de una simple piedra preciosa; el **BERILO**.

¹ El boruro de circonio, aguanta los 6000°C, y por ello se emplea en las cámaras de combustión de los cohetes espaciales.

En la Biblia se habla de él², a través de la esmeralda (smeragda de griegos y árabes), desempeñando un papel histórico en función de su valor, estimulando la codicia de guerreros y gobernantes, causando muchas veces su desgracia. Hernán Cortés las descubrió en Méjico, y cuando las expuso en España, fue el principio de su declive.

Torbern Bergman, la había había analizado como en el caso del zircón, y no observó nada que le llamara la atención: siempre surgía en mayor o menor proporción, la sílice, la alúmina y la cal. El profesor berlinés Achard en 1779, repitió por seis veces el análisis, dando una composición parecida, aunque el 5% de la materia desaparecía durante las operaciones. Por otra parte, años después, lo analiza Bindheim, corroborando lo anterior aunque con una pequeña proporción de óxidos de hierro, mientras que Klaproth hace lo propio con una esmeralda peruana, en la que no encuentra cal, y sí una menor proporción de óxidos de hierro, por lo cual todo el mundo considera ambas piedras de naturaleza diferente. Sin embargo el mineralogista Haüy que había observado que las propiedades ópticas del **BERILO** y de la esmeralda eran iguales³, incita a Vauquelin a repetir los análisis con varios **BERILOS**. La comparación la damos en el cuadro:

Científico	Sílice	Alúmina	Óxidos de Fe	Cal	Glucinia
Berilo Achard (1779)	60%	22%	5%	8%	
Berilo Bindheim (1785)	64%	27%	2%	8%	
Esmeralda peruana Klaproth(1791)	66%	31%	0,5%		
Berilo Vauquelin (1798)	65%	14%	Óxido de Cr 4%	2,6%	13%

De esta forma, Vauquelin, apoyándose en estos resultados, comunicará el 14 de febrero de 1798, a la Academia de Ciencias francesa, con una disertación bajo el título "Sobre el agua marina o berilo, y sobre el descubrimiento de una tierra nueva en este mineral", el descubrimiento de una nueva tierra cuyas sales tenían un cierto sabor dulce, por lo que la llamó **GLUCINIA** derivado del griego **GLYCOS** (γλυχός, dulce).

Así, el elemento que la formaba, sería el **GLUCINIUM** y su primer símbolo G, pasando a ser Gl en los primeros sistemas periódicos, que fue como se conoció en todos los textos de Química del siglo XIX. Ese mismo año, Gmelín también encontró dicho metal en unos berilos rusos, extraídos de las minas de Nerchinsk.

² Surge, en las profecías de Ezequiel 28,13, cuando habla de las riquezas del paraíso. En ella diferencia el beryllus de la smaragdus. También aparece en la Apocalipsis de San Juan, 21, en la referencia a las doce piedras que adornaban los muros de la ciudad celestial; la cuarta era la smeragdus, mientras que la octava era el beryllus.

³ Plinio ya deja constancia del parecido entre el berilo y la esmeralda en su Historia Natural, libro 37, pero será Fourcroy, gran amigo del mineralogista Haüy, protector y maestro de Vauquelin, el que explique su contribución al descubrimiento: "Es a la geometría a la que debemos, la causa del descubrimiento...ya que después del análisis que hizo M.Klaproth de la esmeralda y M.Bindheim del berilo, no habría que pensar en la posibilidad de que esta tarea comenzara otra vez, de no haber sido por las grandes analogías o hasta la casi completa identidad, que el ciudadano Haüy encontró en las propiedades geométricas de estos dos fósiles pétreos".

Klaproth que estaba enemistado con Vauquelin, y basándose en que el nombre dado al elemento correspondía a una propiedad que también aparecía en compuestos como el acetato de plomo y las sales de la Itría, lo rebautiza con el nombre de **BERILIUM** procedente de la **TIERRA DE LA BERILIA**, nombre que se impondrá y que modificará su símbolo hasta Be.

No se terminan aquí los problemas del berilio. Una vez fijado su símbolo, ¿a qué fórmula correspondía el óxido, o sea la tierra? Debemos recordar que en los análisis, la alúmina había ocultado a la berilia, y eso quería decir que el berilio se parecía mucho al aluminio. Por lo tanto dado que la alúmina era Al_2O_3 , la berilia debería ser Be_2O_3 , por lo que el peso atómico del elemento debería oscilar entre 9 y 14, lo que ocasionará graves problemas para asignarle una posición en los sistema periódico basados en las masas atómicas y las capacidades combinativas, hasta que definitivamente se determinó que su fórmula era BeO .

El berilio como el circonio, es un metal del siglo XXI, porque a sus características metálicas una su pequeña masa atómica, lo que lo hace extraordinariamente apto para intercambiar energía con las partículas nucleares, entrando de lleno en la tecnología primero en los reactores de fisión, como espejo neutrónico, después en los de fusión como intercambiador energético.

¿Por qué el berilio brillaba?

El Berilo, que da nombre al **BERILLIUM**, realmente es un silicato de berilio y aluminio, con una estructura en capas. Las capas de silicatos⁴ dejan una serie de huecos que serán ocupados por los iones Al^{3+} y Be^{2+} , los primeros en huecos octaédricos (tienen mayor volumen)⁵, y los segundos en huecos tetraédricos. Los iones dispuestos en los huecos de las cadenas son los responsables de las propiedades que le otorgaron el título de piedra preciosa. Aumentan el índice de refracción del vidrio, tal como los iones plomo que se usan en las mejores fábricas de cristal europeas, con lo cual y de forma natural los cristales del silicato adquieren propiedades semejantes a los brillantes, pues la luz parece atrapada en ellos, ya que debido al elevado valor de aquél, en seguida se alcanza el ángulo límite reflejándose hacia dentro. Los iones Be^{2+} estimulaban el brillo y por eso se mezclaron con el fósforo para acentuar la fosforescencia de los tubos recubiertos de fosfatos de berilio, hasta que a partir de 1940, comenzaron a observarse unas inexplicables muertes de obreros que había estado implicados en el proceso de fabricación de dichos tubos.

El nombre de **GLUCINIUM** que se conservó durante bastante tiempo, se debía al sabor dulce de sus sales más solubles, condición indispensable para notar dicho sabor. El sistema empleado en su obtención partía del mineral berilia, se fundía con carbonato potásico y se evaporaba la masa fundida con ácido sulfúrico; el sulfato de berilio, muy soluble se extraía con agua, a diferencia de los otros sulfatos. Evidentemente el sulfato que es la única muy soluble, tenía la dificultad de provocar una gran concentración de iones Be^{2+} , que lo convertían en un poderoso veneno, lo cual era un grave problema al ser uno de los elementos que más aplicaciones van a desarrollar en los últimos cincuenta años. El berilio, comunicaba al cobre una dureza y resistencia tremenda que lo asemejaba al acero, pero sin ser magnético, por ello y debido a su especial ligereza, lo sustituía en la fabricación de aviones, e instrumentos de precisión. Su poca masa y su papel en la producción de neutrones⁶, hace que también se utilice en los reactores nucleares para controlar su pérdida.

⁴ Realmente se trata de hexasilicatos de fórmula $\text{Si}_6\text{O}_{18}^{12-}$.

⁵ El radio iónico del Al^{3+} es $0,50\text{\AA}$, mientras que el del Be^{2+} es $0,31\text{\AA}$.

⁶ Fueron llamados inicialmente rayos de berilio porque se producían a partir de este elemento.

¿Por qué las sales de berilio eran dulces, lo cual motivó su primitivo nombre?

Los sentidos, y como tales los sabores, implican un mecanismo que se traduce en una variación de polarización, para que las diferentes concentraciones de iones potasio y sodio a través de la membrana celular, produzcan una descarga, que en determinadas condiciones, transportada hasta el cerebro, éste la interprete de esa forma.

En los sabores ácido y salado los causantes son la carga del ión hidroxonio y la de los iones salinos, sin embargo en los dulce y amargo, el problema es mucho más complejo, por que la interacción con las papilas gustativas de la lengua se hace a través de interacciones débiles por puentes de hidrógeno con las terminales proteínicas de aquellas. Existe una enorme especificidad, de tal forma que el diseño de una molécula de sabor dulce, implica una interacción entre un protón débilmente ácido, como puede ser el de un grupo OH en determinadas condiciones, el de una amida o imida, o el adyacente a un grupo nitro que lo active, con una base de Lewis, o un aceptor de protones a una distancia de 3D. En este caso, los terminales de las papilas gustativas ofrecen a aquellos grupos dos posiciones, una donadora de protones y otra de base de Lewis, complementarias.

La especificidad es tan grande, que si la distancia disminuye la polarización varía, y el cerebro interpreta un sabor opuesto: el amargo. En nuestro caso, el ión Be^{2+} , es tan pequeño (0,3D), tiene tal densidad de carga y es tan polarizante que actúa como un aceptor de pares de electrones (ácido de Lewis), capaz de interaccionar con la base de Lewis proteínica (par electrónico del N, o del O), dispuestas con más abundancia en la punta de la lengua, de forma parecida a como lo hace el H^+ , frente a los grupos OH, del puente de hidrógeno, provocando una respuesta similar⁷.

Así, el **BERILO** no sólo va a dar nombre al elemento **BERILIO**, sino a una rara enfermedad denominada **BERILOSIS** que se adquiere ya con concentraciones en el aire superiores a cien microgramos por metro cúbico y que durante décadas fue confundida con ciertos tipos de tuberculosis pues su sintomatología era similar. Sería en 1946 cuando con una prueba de rayos X se comprobó que los pulmones atacados presentaban una apariencia granular difusa semejante a la que se produce en la silicosis de los mineros, causada por la acción de los iones de Be^{2+} .

Al parecer estos iones compiten con los de Mg^{2+} en centros enzimáticos de las fosfogluco mutasas, por lo que no sólo actúa en los pulmones, como se creía.

El problema de la esmeralda y del aguamarina, la primera verde y la segunda azul, con estructuras geométricas similares y composición casi idéntica (son silicatos de aluminio y berilio), pero de diferente color, lo cual las hacía piedras diferentes, se debe a la distinta proporción de cromo y hierro. El elemento responsable del color es el cromo, en forma de ión Cr^{3+} . El ión cromo en una coordinación hexaédrica con 6 O^{2-} , desdobra sus niveles energéticos, en el campo débil del ión oxígeno de tal forma que absorben en el visible, como se explicó al hablar del cromo. Ahora bien el berilio, debido a que varía su electronegatividad, debilita el campo eléctrico de tal forma que la transición entre el nivel fundamental del cromo $4A_2$ al estado activado $4T_2$, implica la absorción de menor energía, anulando la componente roja y reflejando en el verde. Además la reemisión energética, al hacerse a través del nivel intermedio 2E, aparece retardada, lo cual da lugar a una fluorescencia. En el agua marina, la impureza de Fe^{3+} es la responsable del color. El desdoblamiento de sus niveles es mayor, lo que provoca que absorba en el amarillo-anaranjado y que emita en el azul.

⁷ Existen muchas moléculas con sabor dulce aparte de los azúcares. En las sacarinas, el puente de hidrógeno se da entre el oxígeno del grupo benzosulfónico y el hidrógeno de una imina, a 3D. En los ciclamatos, tan empleados en las bebidas efervescentes, entre el hidrógeno de amina sulfonada y el oxígeno de este grupo. También el cloroformo tiene sabor dulce; la distancia entre el Cl y el H, es de 3D. En nuestro caso, el efecto polarizante del ion berilio sobre el par del nitrógeno proteínico, le hace cambiar de posición, provocando la activación de la enzima adenilatociclasa, que comienza a sintetizar AMP cíclico, que bloquea el paso de los iones potasio a través de la membrana. Al no entrar los iones K^+ y salir los Na^+ , se modifica el potencial eléctrico de la célula, trasmitiéndose la descarga al cerebro que la interpreta así.

