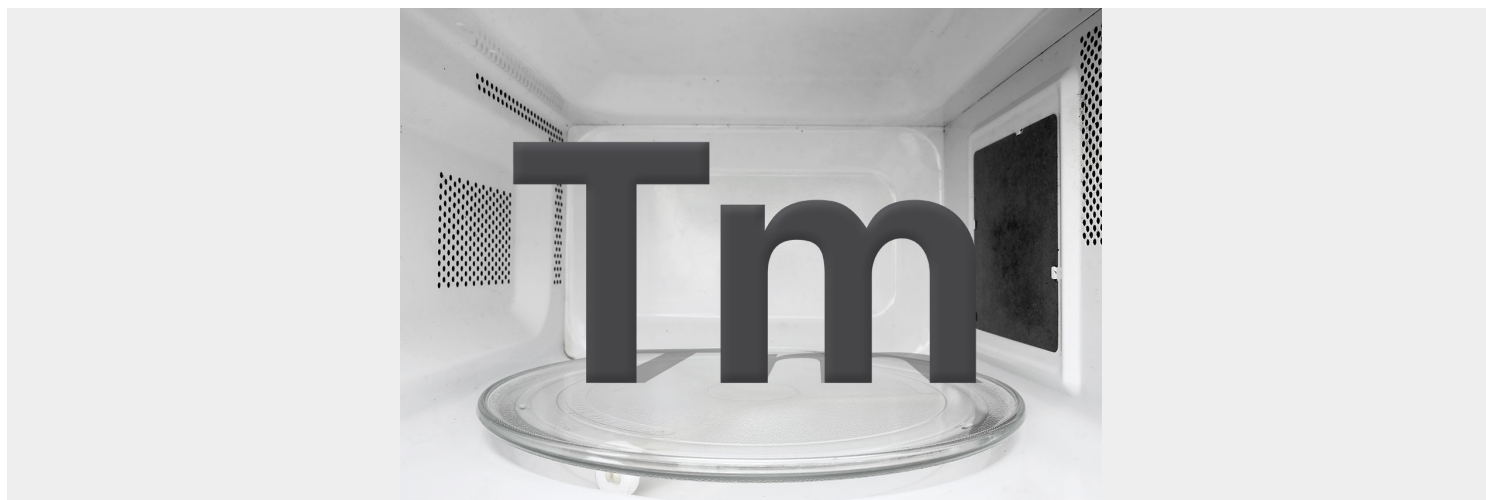


# TULIO

Posted on 10 septiembre, 2019 by Jorge Adrián Perera Burgos



Category: [Tabla Periódica](#)

Tag: [Tabla Periódica](#)



Cuando acepté escribir este artículo de divulgación sobre el elemento químico tulio (Tm), pensé que sería una tarea fácil y rápida, ya que, en pleno siglo de la revolución digital, que marcó el comienzo de la era de la información, casi toda lo que necesitamos está a un clic de ratón. ¡Qué equivocado estaba! A pesar de que estamos acostumbrados a estar inmersos en un mar de datos relativos a la presencia de muchos elementos químicos que forman parte de nuestra vida diaria, no siempre nos tomamos el tiempo para aprender de ellos, y cuando queremos hacerlo (como en mi caso al escribir este artículo), nos encontramos con que una buen parte de lo que buscamos pareciera proceder de una misma fuente desconocida, como una especie de copiado y pegado similar a la forma en que demasiados medios digitales repiten las noticias sin detenerse a corroborar la veracidad de las mismas.



Tulio Triviño, personaje entrañable de la aclamada serie chilena 31-minutos

Debido a ello, escribir sobre este elemento requirió que hiciera lo que los científicos creemos hacemos mejor, investigar de una manera más formal el tema. En este artículo procederé a comunicar (en realidad lo intentaré) de una manera clara y precisa –o al menos eso espero–, lo que he aprendido sobre este fascinante elemento, considerado el más raro entre los elementos raros, esperando no quedar en el intento como Tulio Triviño, que además de ser tocayo de este elemento, es un personaje entrañable de la aclamada serie chilena 31-minutos, y presentador de las “noticias más precisas de la televisión”.

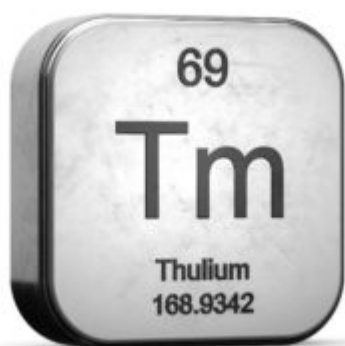
El elemento químico tulio fue descubierto en 1879 por el químico sueco Per Teodor Cleve, de la Universidad de Upsala (en sueco: Uppsala Universitet), al buscar impurezas en otros elementos de tierras raras. El término tierra proviene de una denominación antigua para nombrar a los óxidos debido a que se podían disolver en ácidos. Cleve comenzó eliminando todos los contaminantes conocidos del óxido de erbio ( $\text{Er}_2\text{O}_3$ ), utilizando el mismo método empleado por Carl Gustaf Mosander, con el cual descubrieron otros elementos de la tierras raras. Durante este proceso obtuvo dos nuevas sustancias: una de color marrón y otra de color verde. La sustancia marrón resultó ser el óxido de un elemento hasta entonces desconocido (elemento-X), que fue descubierto casi paralelamente por otros investigadores de su ciudad natal Holmia (nombre en latín de Estocolmo), por lo que Cleve le dio a esta sustancia el nombre de la ciudad del cual derivó el nombre del elemento holmio. La sustancia verde era el óxido de un elemento completamente desconocido. Cleve nombró a este óxido Thulia y a su elemento tulio por Thule, un antiguo nombre griego que hacía referencia a una



Per Teodor Cleve

región de Escandinavia o Islandia. Fue descrita por primera vez por Piteas de Massalia (Massalia es hoy en día la ciudad de Marsella), en un documento titulado *lost work* del cual solamente sobreviven fragmentos y quien la consideró la región más al norte de todo lo conocido.

Un dato curioso sobre Per Teodor Cleve: además de descubrir dos elementos químicos de un tiro, como muchos grandes científicos de su tiempo, dominaba varias disciplinas como la química, la biología, la mineralogía y la oceanografía.



El símbolo químico original del tulio fue Tu, aunque cambió posteriormente a Tm. Tiene un número atómico de 69, una masa de 168.934 g/mol y una densidad (en estado sólido) de 9.32 g/cm<sup>3</sup>. El número de electrones por capa es de 2, 8, 18, 31, 8 y 2, respectivamente, y sus estados de oxidación son +2 y +3, siendo este último valor el más común. En su forma metálica más pura tiene un color gris plata, siendo bastante maleable, blando y dúctil. Además, es muy buen conductor del calor y de la electricidad.

Este elemento ocupa la posición número 13 en la serie de los lantánidos o tierras raras, los cuales tienen propiedades químicas extraordinariamente parecidas entre sí, puesto que los electrones situados en los orbitales f son poco importantes en los enlaces que forman. A pesar del nombre de tierras raras, la abundancia de estos elementos en la corteza terrestre es relativamente alta, y las nuevas fuentes encontradas hacen suponer que la abundancia del tulio puede ser similar a la de la plata, el oro o el [cadmio](#).

El tulio nunca se encuentra en la naturaleza en su forma más pura, sino en pequeñas cantidades en minerales y en combinación con otras tierras raras, siendo el menos abundante de los lantánidos después del prometio (Pm). Se extrae principalmente de la monacita, la xenotima y la euxenita. En un principio, los costos originales de extracción limitaron sus potenciales aplicaciones; entre 1959 y 1998 el precio de un kilogramo de Tm osciló entre 4600 y 13300 dólares. Al día de hoy, los procesos de extracción han mejorado bastante, lo que ha abaratado su costo. Este elemento se extrae principalmente de China, aunque algunos otros países como Australia, Brasil, EUA, entre otros pocos, tienen reservas importantes.



En cuanto a su abundancia isotópica, es decir, la fracción de átomos de un determinado isótopo en una muestra de un elemento, el Tm está compuesto por un [isótopo](#) estable, el Tm-169, que representa el 100% de su abundancia natural. Además, se han caracterizado treinta y cuatro radioisótopos, siendo los más estables el Tm-171, Tm-170, Tm-168 y el Tm-167, con vidas medias de 1.92 años, 128.6 días, 93.1 días y 9.25 días, respectivamente. El resto de los isótopos [radioactivos](#) tienen vidas medias menores a 64 horas, y la mayoría de ellos menores a 2 minutos. Este elemento presenta también 26 [meta-estados](#) (estados diferentes al de mínima energía, en el cual la vida media es mayor al de un estado excitado). El modo de desintegración antes del isótopo estable más abundante, Tm-169, es la [captura electrónica](#), y el modo de desintegración después de éste es la [desintegración beta](#). El Tulio-170 es un radioisótopo muy interesante, primero por su vida media que lo hace muy práctico en aplicaciones clínicas y, segundo, porque su energía de rayos X promedio es inferior a la producida por otros elementos, lo que permitiría diseñar mejores blindajes para este tipo de radiación.



Tulio. Foto de: Alchemist-hp (talk) ([www.pse-mendelejew.de](http://www.pse-mendelejew.de))

Desde el punto de vista magnético, el tulio presenta 5 fases distintas: ferromagnética, ferrimagnética, paramagnética, fase modulada en dirección del eje principal (c-axis modulated o CAM) y fase A. En la fase ferromagnética todos los momentos magnéticos están alineados paralelamente al eje principal, c-axis (en cristalografía el eje principal se denomina de esta forma, y hace referencia a un eje cristalino orientado verticalmente) y en el mismo sentido. En la fase ferrimagnética todos los momentos magnéticos están alineados paralelamente al eje principal, pero con sentidos diferentes. En la paramagnética hay una orientación desordenada de los momentos magnéticos. La fase CAM es una estructura magnética en la cual todos los momentos apuntan paralelamente a la dirección del eje principal, pero cada momento varía en magnitud sinusoidal, de una posición a otra dentro de la celda magnética unitaria. Finalmente, la naturaleza de la fase A es indeterminada hasta el día de hoy.

*El tulio presenta 5 fases distintas: ferromagnética, ferrimagnética, paramagnética, fase*

*modulada en dirección del eje principal (c-axis modulated o CAM) y fase A*

El tulio se utiliza, al igual que otros elementos de tierras raras, en la fabricación de materiales cerámicos magnéticos, muy empleados en la construcción de equipos de microondas, al igual que en la fabricación de algunos materiales superconductores de alta temperatura. De igual forma, debido a que este elemento presenta fluorescencia con brillo azul cuando es expuesto a una fuente de luz ultravioleta, se usa en la fabricación de billetes europeos en un intento de combatir su falsificación. No obstante, una de las aplicaciones más interesantes, y que hoy en día está cobrando mucha fuerza, es en la fabricación de dispositivos láser de temperatura ambiente.

Para la fabricación de este tipo de láseres se pueden utilizar matrices de YAG (granate de itrio y **aluminio**), de YAP (perovskita de **aluminio** e itrio), entre algunas otras, las cuales se dopan con iones trivalentes del elemento ( $Tm^{+3}$ ). Este tipo de láseres (el primero con Tm fue introducido en 2005), tienen un rango espectral de 2 micras, por lo que puede aplicarse ampliamente en la tecnología de radar y LIDAR, con la cual se puede determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie, recurriendo a un haz de láser pulsado, así como para medir la composición atmosférica. También, debido a que su longitud de onda se encuentra muy cerca del pico de absorción del agua, se puede lograr una vaporización más eficiente con menor profundidad de penetración, lo cual tiene aplicaciones amplias en medicina.



Concepto de conducción autónoma que muestra el sistema de señal del sensor Lidar, radar y cámara.

Un ejemplo reciente en esta última área es como técnica quirúrgica para el tratamiento de la hiperplasia benigna de próstata, la cual consiste en un crecimiento no maligno (no cancerígeno) en el tamaño de la próstata, y que es una enfermedad muy común en los hombres mayores de 30 años. Para el tratamiento de esta enfermedad se utilizan dos técnicas con un láser de tulio: la vaporización prostática (para el tratamiento de próstatas pequeñas y medianas), y la enucleación prostática (para el caso de próstatas de medianas a grandes). Láseres de este elemento, se han usado de igual forma para realizar con éxito cirugías de resección renal o extirpación de riñón.

Como podemos ver, las aplicaciones basadas en este elemento son más que prometedoras, por lo que no se descarta que su uso se incremente con el tiempo. C<sup>2</sup>

## Referencias

- Ellerby (2001). *Elemental Rare Earths: Magnetic Structure and Resistance, Correlation of*. Capítulo del libro: *Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Second Edition)*. Pergamon. ISBN: 978-0-08-043152-9.
- Sulc and H. Jelínková (2013). *5- Solid-state lasers for medical applications*. Capítulo del libro: *Lasers for Medical Applications*. Woodhead Publishing. ISBN: 978-0-85709-237-3.
- Henry Tran and Doreen E. Chung (2018). *Thulium Laser Prostatectomy*. Capítulo del libro: *A Comprehensive Guide to the Prostate*. Academic Press. ISBN: 978-0-12-811464-3.
- Diversos sitios web incluyendo: [www.rsc.org](http://www.rsc.org), [www.britannica.com](http://www.britannica.com), entre otros.