

## USO DEL ÓXIDO Y DE LOS HIDRÓXIDOS DEL EUROPIO, ASÍ COMO DE OTROS COMPUESTOS DE ESTE METAL, EN LAS ENSEÑANZAS MEDIAS

**Autor:** Martínez-Troya, D.<sup>1</sup>

### RESUMEN

En este artículo se examina la utilidad pedagógica de usar óxidos, hidróxidos y otros compuestos de europio en las prácticas de laboratorio de las Enseñanzas Medias. A partir de la disolución del metal en agua se obtienen los hidróxidos de europio (II) y (III), el sulfato, el nitrato, el fosfato, el oxalato y el carbonato de  $\text{Eu}^{+3}$  y se descomponen térmicamente tanto el nitrato como el oxalato, hasta obtener el óxido de europio (III). Además, se sintetizan el sulfuro y los yoduros de europio (II) y (III).

Palabras clave: Óxido de europio (III); Hidróxido de europio (II); Hidróxido de europio (III); Carbonato de europio (III); Oxalato de europio (III); Nitrato de europio (III); Sulfuro de europio (II); Sulfato de europio (III); Fosfato de europio (III); Yoduros de europio.

### ABSTRACT

*This article examines the pedagogical usefulness of employing oxide, hydroxides, and other europium compounds in laboratory practices in secondary education. From the dissolution of the metal in water, europium (II) and (III) hydroxides, sulfate, nitrate, phosphate, oxalate, and carbonate of  $\text{Eu}^{3+}$  are obtained, and both the nitrate and the oxalate are thermally decomposed to yield europium (III) oxide. In addition, europium (II) and (III) sulfide and iodides are synthesized.*

*Keywords: Europium (III) oxide; Europium (II) hydroxide; Europium (III) hydroxide; Europium (III) carbonate; Europium (III) oxalate; Europium (III) nitrate; Europium (II) sulfide; Europium (III) sulfate; Europium (III) phosphate; Europium iodides.*

### NOTA PREVIA

Como ya he indicado en anteriores artículos, al ser los lantánidos tan parecidos entre sí resultaría más práctico englobarlos a todos en un mismo trabajo y remarcar las diferencias que encontramos entre ellos. Sin embargo, en estos artículos me gusta explorar la química de cada metal por separado, por lo que el cuerpo del artículo es esencialmente el mismo que el correspondiente al artículo del erbio, el primero que utilicé en esta línea de trabajo que estudia la bondad de los lantánidos como recurso pedagógico en los laboratorios de las enseñanzas medias. Es lógico por tanto que haya una repetición de apartados, párrafos, explicaciones y referencias.

---

<sup>1</sup> Daniel Martínez Troya [vaergael@gmail.com](mailto:vaergael@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El europio tiene una abundancia<sup>2</sup> en la corteza de 2mg/Kg, que representa unas 0.57 veces la abundancia del erbio, es decir, poco más de la mitad, y es más abundante que el cadmio con 0.15mg/Kg, que el oro con 0.004mg/Kg, que la plata con 0.075mg/Kg o que el yodo con 0.45mg/Kg, por poner ejemplos conocidos. Es decir, 27 veces más abundante que la plata y 500 veces más abundante que el oro. Por ello, como ya comenté en el artículo del erbio, incluir algún lantánido en las prácticas de laboratorio de los centros de enseñanza, favorece el conocimiento de este grupo de elementos tradicionalmente olvidados.

Al margen de la abundancia de los lantánidos, hay que resaltar una baja toxicidad<sup>3</sup>, de manera que los compuestos del europio no parecen tener una peligrosidad que vaya más allá de la que conlleva la manipulación de compuestos químicos, más o menos puros, a pesar de ser un metal pesado. No obstante, hacen falta estudios sistemáticos que corroboren esto (como ocurre con todos los lantánidos), dado que hasta ahora no se han llevado a cabo a gran escala, aunque a causa del mayor uso de ellos su extracción en China es rentable, lo que ha provocado una mayor exposición de parte de la población a estos metales, por lo que comienzan a llevarse a cabo estudios donde se observa una toxicidad que hay que considerar<sup>4</sup>. En los últimos años van apareciendo numerosos estudios al respecto que matizan la aparente seguridad de estos metales, particularmente para los más utilizados en la industria, como es el caso del europio<sup>5</sup>.

## DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

El europio reacciona de forma súbita con el agua, formando el hidróxido de europio (II) de color amarillo mostaza de forma instantánea, incluso violenta, como si el metal fuera un alcalino. Debido a que el paso de europio metálico a  $\text{Eu}^{+2}$  es muy rápido, el contacto del metal con el agua genera  $\text{Eu}(\text{OH})_2$ , que se oxida paulatinamente a  $\text{Eu}^{+3}$  formando  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ . Sin embargo, la exposición del  $\text{Eu}^{+2}$  a  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluido permite obtener mezclas de  $\text{EuSO}_4$  y  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$  de manera que, caso inusual entre los lantánidos, tenemos la posibilidad de que el metal tenga otra valencia diferente a la habitual +3. Obtendré el catión  $\text{Eu}^{+3}$  disolviendo en ácido parte de los  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  y  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  obtenidos por exposición directa al agua. No obstante añadiré una pequeña cantidad del metal en ácido nítrico, aunque obtendré el sulfato (insoluble) por disolución del hidróxido en ácido

<sup>2</sup> Haynes, W.M. (2016–2017). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 97th edition. BocaRaton, EEUU: CRC Press, p. 14-17.

<sup>3</sup> Haley, T. J. (1965). Pharmacology and Toxicology of the Rare Earth Elements. J. Pharm. Sc, 54, p. 663. Cf. Emsley, J. (2003). Nature's building blocks: an A-A guide to the elements. Oxford, Gran Bretaña: Oxford University Press, p. 136.

<sup>4</sup> Xia Q, Liu H X, Yang X D, et al. (2012). The Neural Toxicity of Lanthanides: An Update and Interpretations. Sci. China Chem., 42, 9, p. 1308.

Cf. Kyung Taek Rim, Kwon Ho Koo, Jung Sun Park. (2013). Toxicological Evaluations of Rare Earths and Their Health Impacts to Workers: A Literature Review. Safety and Health at Work, 4, 1, pp: 12-26.

<sup>5</sup> Min Li, et al. (2024). Determining toxicity of europium oxide nanoparticles in immune cell components and hematopoiesis in dominant organs in mice: Role of lysosomal fluid interaction. Science of The Total Environment, 937, 173482.

sulfúrico diluido, obteniendo por desecación  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$  y  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ . A partir de la disolución de europio en ácido nítrico, con el catión  $\text{Eu}^{+3}$  incoloro, obtendré el carbonato, el hidróxido, el oxalato y el fosfato por adición en exceso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  (y alternativamente  $\text{NH}_3$  (ac.)),  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , así como  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . En estos procesos se obtienen respectivamente  $\text{Eu}_2(\text{CO}_3)_3$ ,  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  y  $\text{EuPO}_4$  que son de una tonalidad blanca o blanco rosáceo. Por descomposición térmica del  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  y del  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  sintetizaré el óxido de europio (III).

De forma adicional se elabora  $\text{EuS}$  por reacción directa de los elementos, que se calientan dentro de un crisol y por exposición del  $\text{Eu}^{+3}$  a  $\text{H}_2\text{S}$ . Como siempre, una reacción de gran interés es la síntesis de  $\text{EuI}_3$  y  $\text{EuI}_2$  por exposición directa a yodo y posterior calentamiento. La reacción es curiosa desde el momento en el que los dos elementos entran en contacto, por lo que tiene un gran interés pedagógico, sobre todo por la química que implica.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### A) EL METAL EUROPIO

El europio<sup>6</sup> es un metal de color blanco plateado, blando como el plomo y dúctil, cuya densidad es de  $5.244 \text{ g/cm}^3$ . Es el más reactivo de los lantánidos, de forma que se oxida rápidamente en contacto con la atmósfera, de ahí que se expenda inmerso en parafina. Se oxida tan rápido, en presencia del oxígeno atmosférico, que se recubre de una capa amarilla con rapidez. Incluso cuando raspé la superficie para apreciar mejor el color, ésta se empañaba instantáneamente. Las limaduras obtenidas se volvían amarillas y purulentas en cuestión de minutos, por formación de  $\text{Eu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  que posee color amarillo<sup>7</sup>. El europio se corroe<sup>8</sup> tan rápido que, como he dicho, una superficie brillante se empaña de forma instantánea, sobre todo cuando hay humedad en el aire. En cuestión de días un trozo macizo de europio quedaría reducido a polvo, formado por una mezcla de hidróxidos de  $\text{Eu}^{+2}$ ,  $\text{Eu}^{+3}$  y óxido de  $\text{Eu}^{+3}$ .

He adquirido 1g de europio a un vendedor de Países Bajos, con una pureza de, 99.9%. Al extraer los trocitos del metal, las superficies estaban oscurecidas, recubiertas por una pátina verdosa o gris dependiendo de la cara. El hidróxido que se forma por corrosión no se adhiere bien a la superficie, y se desprende fácilmente, dejando restos sobre el papel o el vidrio de reloj donde hayamos colocado el metal. En las imágenes, se aprecia el brillo del aceite sobre las superficies, aunque las haya secado con papel. En la cuarta imagen se ve la superficie arañada para exponer el color del metal.

<sup>6</sup> Haynes, W.M. Op.cit. p. 4-13.

<sup>7</sup> The Editors of Encyclopaedia Britannica (2024, March 1). *europium*. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/europium>. (Visitado el 06/09/2025).

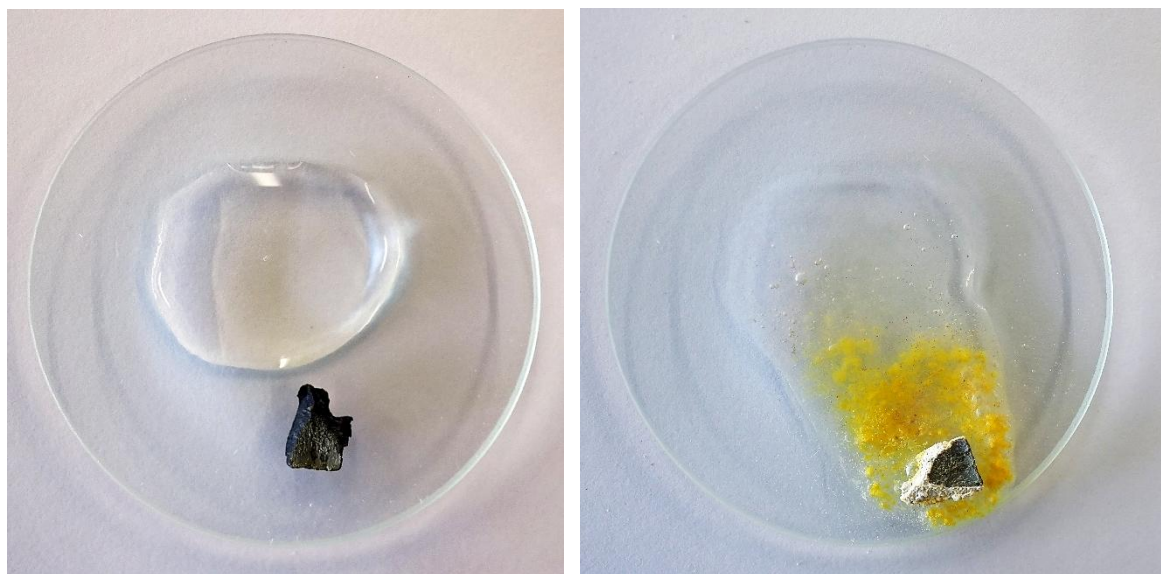
<sup>8</sup> Gupta, C.K., Krishnamurthy, N. (2004). *Extractive Metallurgy of Rare Earths*. CRC Press. Libro electrónico. p. 22.

Vemos algunas de las imágenes del metal:



## B) FORMACIÓN DE HIDRÓXIDOS POR HIDRÓLISIS EN AGUA

La reacción entre el europio y agua no sólo es instantánea, sino vigorosa hasta provocar un burbujeo continuo que puede rebosar el tubo si no se tiene cuidado. En este sentido, basta emplear agua destilada, a temperatura ambiente, para que se desencadene la reacción. Por ello, conviene añadir la cantidad de metal deseada, porque en apenas unos segundos se acaba oxidando, primero a  $\text{Eu}^{+2}$  y después a  $\text{Eu}^{+3}$ . La reacción es tan rápida, que para apreciar cómo se produce, lo mejor es llevarla a cabo en un vidrio de reloj, como vemos en las imágenes siguientes.



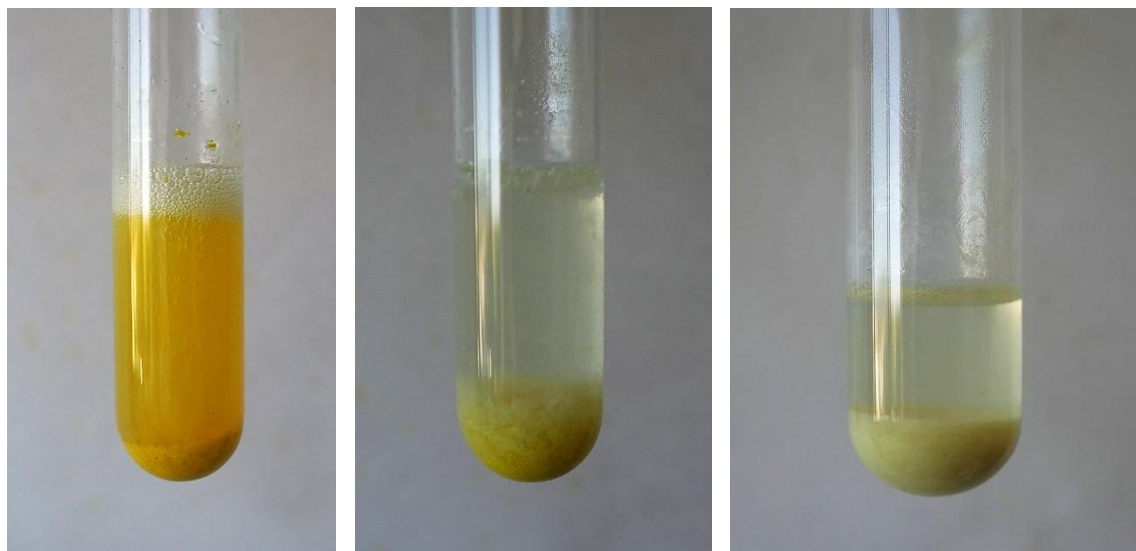
En la segunda imagen, se puede ver el europio rodeado de  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  mientras que se ha formado un recubrimiento de  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ , de color claro, sobre el metal. En realidad, retiré el sólido nada más entrar en contacto con el agua, porque disponiendo en total de 1g tampoco deseaba que se disolviera por completo en este ensayo. Después, pasado un minuto, lo volví a colocar en su sitio para hacer la foto, tras lo que volvió a burbujear hidrógeno.

Desde el punto de vista químico se trata de una reacción de oxidación seguida de hidrólisis, que se produce rápidamente a la temperatura ambiente (en nuestro caso de  $28^\circ\text{C}$ ) y que se acelera aún más a medida que sube la temperatura<sup>9</sup>. El potencial redox del  $\text{Eu}^{+2}$  se encuentra entre el del  $\text{Fe}^{+2}$  y el  $\text{Cd}^{+2}$  siendo el más bajo de los lantánidos, lo que hace que sea el más estable en agua, de modo que se mantiene en disolución durante algunas horas<sup>10</sup> (dependiendo de factores como la temperatura o el pH, claro). De hecho, el paso de  $\text{Eu}^0$  a  $\text{Eu}^{+2}$  es el responsable de la gran velocidad de reacción, porque la oxidación a  $\text{Eu}^{+3}$  es bastante más lenta, y requiere del concurso del oxígeno presente en el agua. Esta es la razón por la que el  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  de color amarillo intenso, se va aclarando paulatinamente hasta alcanzar un tono amarillo pálido, que se va convirtiendo en blanco

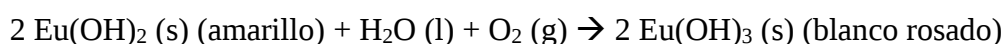
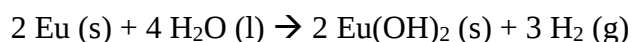
<sup>9</sup> Cotton, F.A., Wilkinson, G. (1990). Química Orgánica Avanzada. Méjico D.F., Méjico: Editorial Limusa. p. 1190.

<sup>10</sup> Moeller, T. (1975). The Chemistry of the Lanthanides. Oxford, UK: Pergamon Press, pp. 75-76.

con visos rosados, correspondiente al  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  como podemos ver siguiendo los cambios de color en las imágenes. En la primera imagen vemos cómo al añadir un trozo de metal europeo a agua destilada se produce el hidróxido de europio (II) y una gran profusión de gas hidrógeno. En la segunda imagen vemos el precipitado unas horas después, convirtiéndose ya en  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ . En la tercera imagen, he cambiado el tubo por uno más grueso, dejando que se oxigene la disolución en el trasiego, por lo que vemos ya un precipitado de color blancuzco.



Las reacciones en medio neutro son las siguientes<sup>11</sup>:



El potencial rédox<sup>12</sup> del europio es  $\varepsilon(\text{Eu}^{+3}/\text{Eu}) = -1.99\text{V}$ , mientras que el del par  $\varepsilon(\text{Eu}^{+3}/\text{Eu}^{+2}) = -0.34\text{V}$ , lo que da para la etapa previa un par rédox  $\varepsilon(\text{Eu}^{+2}/\text{Eu}) = -1.65\text{V}$ , lo que hace que el europio se pueda oxidar primero al catión divalente para estabilizarse, a pesar de que según los potenciales de óxido-reducción, hubiera debido pasar directamente a  $\text{Eu}^{+3}$ . Sin embargo, como he indicado previamente, la cinética de formación del divalente es más rápida, a causa probablemente de fenómenos de superficie (ya que la capa superficial que se forma en la oxidación probablemente tenga  $\text{Eu}^{+2}$  en vez de  $\text{Eu}^{+3}$ ), de ahí que la reacción de oxidación del metal pase primero por el  $\text{Eu}^{+2}$  y después se oxide a  $\text{Eu}^{+3}$ . De hecho, en agua, el  $\text{Eu}^{+2}$  es un reductor bastante capaz, aunque, como apunta el libro de T. Moeller, su oxidación a  $\text{Eu}^{+3}$  sea inesperadamente más lenta. Es normal por tanto encontrar especies con  $\text{Eu}^{+2}$  como acuocomplejo en disolución, particularmente en disoluciones acidificadas, aunque van oxidándose con el tiempo a las especies trivalentes.

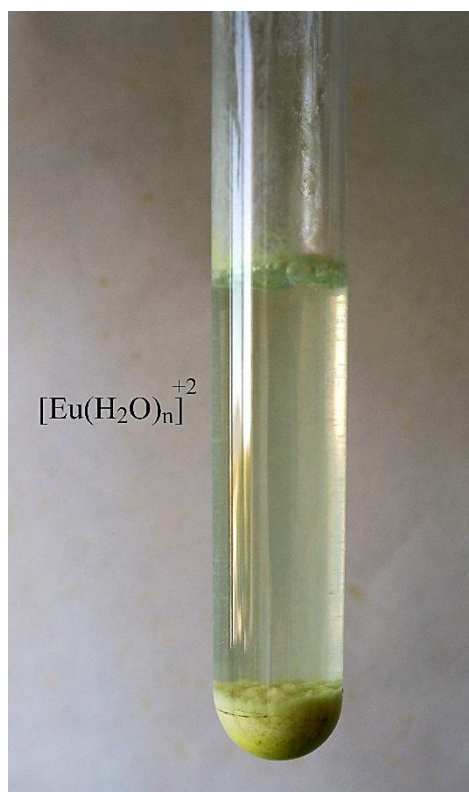
<sup>11</sup> Ibidem, p. 76.

<sup>12</sup> Cotton, S. (2006). Lanthanide and Actinide Chemistry. West Sussex, UK: John Wiley & Sons p. 20.

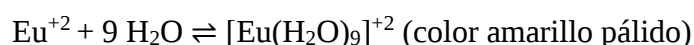
### C) ACUOCOMPLEJOS DEL EUROPIO Y ACIDEZ DE LOS CATIONES

No he hallado bibliografía donde se caracterice el acuocomplejo del  $\text{Eu}^{+2}$  y tan sólo he encontrado referencias en algunos textos, como el magnífico libro de Simon Cotton, donde se indica que el  $\text{Eu}^{+2}$  en agua es amarillo<sup>13</sup>, concordando con el texto de C. K. Gupta, que precisa que el  $\text{Eu}^{+2}$  en disolución acuosa es amarillo pálido<sup>14</sup>. Nada más oxidarse el  $\text{Eu}$  a  $\text{Eu}^{+2}$  en agua a pH neutro, se forma el  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  de color amarillo mostaza, por hidrólisis del agua.

A pesar de tener una solubilidad baja, por la profusión en la formación del precipitado (no he dado con un dato en los repositorios habituales), las aguas madres pasan del color amarillo con turbidez a un color amarillo pálido, con matices verdosos, pero con gran transparencia, de manera que podemos pensar que ese es el color del  $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_9]^{+2}$ , el acuocomplejo de  $\text{Eu}^{+2}$ , algo coherente con la anterior bibliografía. En principio, el  $\text{Eu}^{+2}$  podría tener 8 o 9 moléculas de agua, pero al tener un mayor radio que el  $\text{Eu}^{+3}$  es razonable pensar que pueda incluir 9 moléculas, aunque hay que ser cauto, dada su menor carga. Esta disminución de la relación carga/radio para el  $\text{Eu}^{+2}$  es interesante a la hora de considerar la posibilidad de que quede una buena parte de europio (II) como acuocomplejo, ya que es menos ácido que el europio (III).



De esta manera tendríamos:



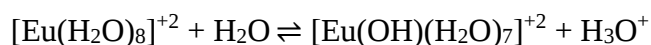
En lo que se refiere al  $\text{Eu}^{+3}$  tenemos un comportamiento análogo al que tienen los lantánidos, por lo que hidroliza el agua, aunque en el caso concreto del europio, el hidróxido parece proceder de la oxidación del  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  y no tanto de la hidrólisis que provoca el  $\text{Eu}^{+3}$ , que, no obstante, tendrá que hidrolizar igualmente al agua para añadir un hidroxilo adicional. De cualquier forma, el  $\text{Eu}^{+3}$  es más ácido que el  $\text{Eu}^{+2}$ . La explicación de esta acidez se relaciona con la contracción lantánida, que hace que el catión (ya sea di o trivalente) tenga menos radio del esperado y eso, junto a la elevada carga, provoca que el catión sea un ácido de Lewis duro e inestable al agua. La hidrólisis del agua se ve favorecida por el aumento de Z y la disminución del radio<sup>15</sup>. Así el  $\text{Eu}^{+3}$  acaba

<sup>13</sup> Cotton, S. (2006). Op.cit. p. 68.

<sup>14</sup> Gupta, C.K., Krishnamurthy, N. Op.cit. p. 8.

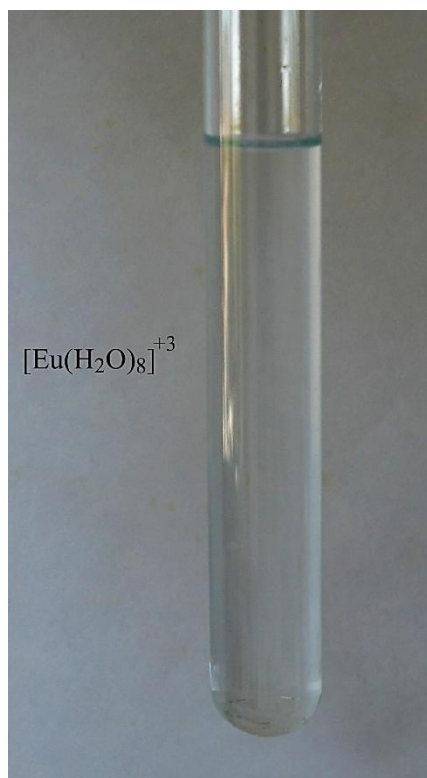
<sup>15</sup> Cotton, F.A., Wilkinson, G. op.cit. p. 1193.

descomponiendo al agua y formando el hidróxido<sup>16</sup> a un pH algo inferior al neutro. Aquí vemos pasos intermedios en la formación de los hidróxidos insolubles:



La reacción de formación cuantitativa del hidróxido de europio (III)<sup>17</sup> se produce para el europio a pH=6.82<sup>18</sup>. De esta manera, la formación del  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  puede provenir de dos vías, una a partir del  $\text{Eu}^{+2}$ , que forma el  $\text{Eu}(\text{OH})_2$ , y cuya oxidación a través del oxígeno disuelto generaría  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  y otra a partir del  $\text{Eu}^{+3}$ , directamente, que sería una reacción residual, a no ser que la disolución esté saturada de oxígeno.

Esto concuerda con la fase de colores, según la cual, se produce un precipitado amarillo mostaza primero, correspondiente al  $\text{Eu}(\text{OH})_2$ , que blanquea lentamente a medida que se oxida a  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ , que es el compuesto verdaderamente estable. Paralelamente, sucede otro tanto con el color de las aguas madres, que son amarillentas recién acabada la disolución del metal, por la probable presencia de  $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_9]^{+2}$ , mientras que, a medida que pasa el tiempo, se vuelven incoloras al oxidarse a  $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_8]^{+3}$ , algo que se aprecia muy bien al tratar la disolución con un poco de  $\text{HNO}_3$  que además de disolver el hidróxido, facilita la oxidación de cualquier  $\text{Eu}^{+2}$  a  $\text{Eu}^{+3}$ . Es el caso que vemos en la imagen de la derecha, donde he añadido un poco de ácido nítrico para que se disuelva por completo el hidróxido que ha precipitado en el fondo. Las aguas se vuelven incoloras<sup>19</sup>, tal y como corresponde al  $\text{Eu}^{+3}$ , aunque hay fuentes que indican que el color es rosa pálido<sup>20</sup>.



La ausencia de color en la disolución resultante se debe al acuocomplejo correspondiente del europio (III), cuya coordinación alternaría entre 8 y 9 moléculas de agua, tal y como sucede con el gadolinio y el terbio<sup>21</sup>. Yo he preferido representarlo por  $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_8]^{+3}$ , pero  $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_9]^{+3}$  sería igualmente viable.

<sup>16</sup> Ibídem.

<sup>17</sup> Burriel Martí, F., Lucena Conde, F., Arribas Jimeno, S., Hernández Méndez, J. (1992). Química Analítica Cualitativa. Madrid, España: Paraninfo. p. 629.

<sup>18</sup> Moeller, T. Op.cit. p. 91.

<sup>19</sup> Cotton, S. (2006). Op.cit. p. 66.

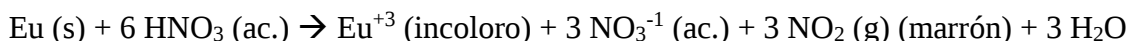
<sup>20</sup> Housecroft, C.E., Sharpe, A.G. (2005). Inorganic Chemistry. Harlow, Gran Bretaña: Pearson, p.745.

<sup>21</sup> Cotton, S. (2005). Establishing coordination numbers for the lanthanides in simple complexes. Comptes Rendus Chimie, 8, 2, pp: 129-145.

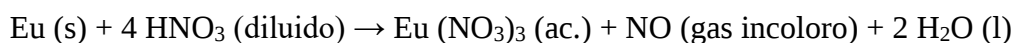
## D) DISOLUCIÓN DEL EUROPIO EN ÁCIDO NÍTRICO

Al disolver un trozo de europio en ácido nítrico al 25% apenas se observa la emisión de gas  $\text{NO}_2$  de color anaranjado, aunque al poner un fondo blanco se aprecia su presencia en forma de gas amarillo pálido. En disolución queda el catión  $\text{Eu}^{+3}$ , que es incoloro, una ausencia de color que se comunica a los compuestos en los que participa, salvo casos concretos que se ven de un color blanco con visos rosados.

La reacción química de oxidación del europio en ácido nítrico<sup>22</sup> concentrado es la siguiente:

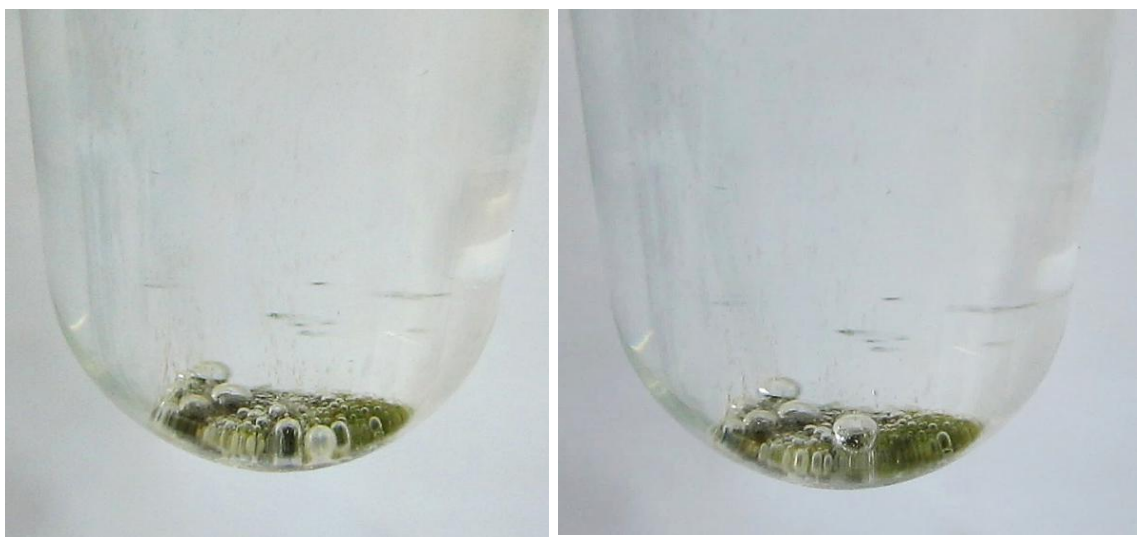


En cambio, la reacción en medio ácido nítrico diluido cursa con emisión de NO:



En este caso, ambas reacciones competirán, pero, a fin de cuentas, el resultado es el paso del metal a  $\text{Eu}^{+3}$ . Curiosamente, la reacción entre el metal y el ácido es menos rápida que la reacción entre el metal y el agua, debido a que la formación de la capa de oxidación en el caso del ácido es más eficiente, limitando la velocidad a la que se expone la superficie a nuevos ataques de ácido, mientras que, al exponerse al agua, la capa de oxidación se adhiere menos, de modo que la superficie siempre queda expuesta. Además, dado el carácter oxidante del  $\text{HNO}_3$ , es posible que el resultado de la oxidación sea directamente  $\text{Eu}^{+3}$ , y sabemos que cinéticamente la oxidación a  $\text{Eu}^{+3}$  es lenta en relación a la oxidación a  $\text{Eu}^{+2}$ , inestable termodinámicamente.

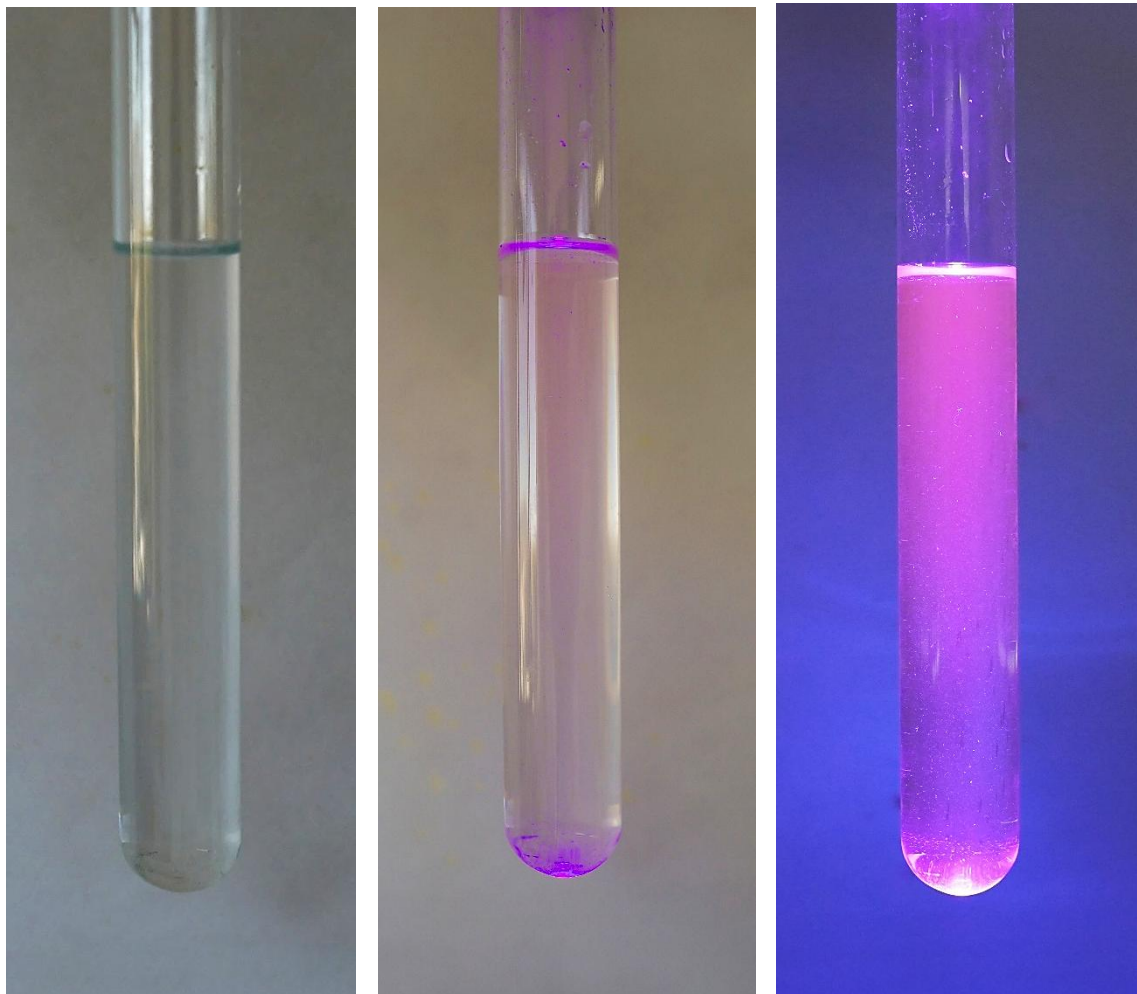
Vemos algunas de las imágenes del proceso. Las burbujas y el seno de la disolución permanecen incoloros durante todo el proceso, aunque más tarde se aprecia un gas amarillo pálido saliendo por la boca del tubo, lo que indica que se producen sendas reacciones.



<sup>22</sup> Burriel Martí, F., Lucena Conde, F., Arribas Jimeno, S., Hernández Méndez, J. Op.cit p. 232.

No obstante, tampoco hay que esperar mucho para la disolución completa del metal, y en apenas unos minutos el trocito de europio desaparece por completo, dejando una disolución incolora. He aprovechado para disolver parte del hidróxido obtenido inesperadamente al poner en contacto el metal con el agua, de modo que, entre el trozo de metal y el hidróxido, estimo que he disuelto en torno a 0.4g de europio en unos 30 mL de disolución ácida de ácido nítrico al 25% en volumen aproximadamente, lo que nos daría una disolución de 0.1M de  $\text{Eu}^{+3}$  a partir de la cual obtener el resto de compuestos de este metal. El  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  tiene una solubilidad en agua de 64.9g por cada 100g de agua a 25°C, por lo que vemos que es muy soluble<sup>23</sup>.

Aproveché la disolución de europio para constatar la fluorescencia roja que caracteriza a este metal<sup>24</sup>. De forma inequívoca, aparece una luminiscencia rojiza que difiere sustancialmente de la mera reflexión de la luz de la lámpara ultravioleta, que tantas veces engaña a la vista. La luz rojiza me ha recordado a la que observé en el caso del samario, aunque en este caso me ha resultado más complejo captar con la cámara la luz roja que inequívocamente se aprecia en vivo.

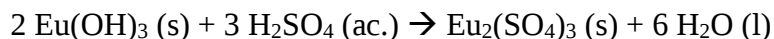


<sup>23</sup> Perry, D.L. (2011). Handbook of Inorganic Compounds. Boca Raton, EEUU: CRC Press. p. 167.

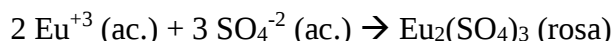
<sup>24</sup> Barajas Forero, C.L., Traina, S.J. (2003). Estudio de la formación de hidróxidos de europio por medio de espectroscopía de fluorescencia. Respuestas, 8, 1, pp: 11-18.

**E) DISOLUCIÓN DEL EUROPIO EN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Y FORMACIÓN DEL SULFATO**

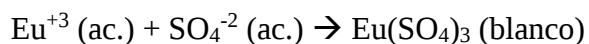
En este caso no he llegado a disolver el metal en ácido sulfúrico. Con tan sólo 1g de material con el que trabajar, he preferido disolver parte de los hidróxidos que se han formado en una disolución de ácido sulfúrico en agua al 25% en volumen. La reacción en este caso es una ácido-base simple en la que sendos hidróxidos de europio se neutralizan con el ácido.



El sulfato de europio (III) octahidratado tiene una solubilidad limitada de 2.1g en 100g de agua a 20°C, por lo que a medida que se disuelve el hidróxido, comienza a precipitar el sulfato correspondiente, que tiene un color rosado. Hay que tener en cuenta que según el libro de W. M. Haynes el  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  tiene un color rosa, mientras que el anhidro es rosa pálido<sup>25</sup>. Curiosamente en el libro de D. L. Perry, el compuesto hidratado se describe como sustancia cristalina blanca<sup>26</sup>. No obstante, el producto obtenido, debe ser el octahidrato, al precipitar en la disolución acuosa, aunque la reacción genérica puede escribirse como:

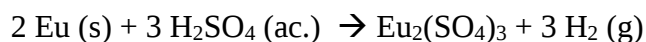


Además de estas dos posibilidades, tenemos la posible presencia del  $\text{EuSO}_4$ , descrito en sendas referencias como un compuesto incoloro y cristalino, que va a precipitar a la vez que el  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$ , de manera que el precipitado de sulfatos, es más pálido que el que se tiene una vez que se ha separado por decantación y se ha dejado expuesto al aire. Entonces, el color rosado se acrecienta. La solubilidad del sulfato de europio (II) es de 0.0017g en 100g de agua<sup>27</sup> a los 20°C, es decir, mucho más insoluble que el sulfato de europio (III), por lo que se espera que el primer precipitado observado corresponda precisamente al  $\text{EuSO}_4$ . De cualquier forma, para los casos anteriores:  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$  y  $\text{EuSO}_4$ ; la solubilidad disminuye con la temperatura<sup>28</sup>.



Si hubiera echado un trocito de metal europio en la disolución ácida de sulfúrico, se hubiera disuelto tan y como sucede con el resto de lantánidos, con una emisión de hidrógeno abundante.

La reacción que se produce es<sup>29</sup>:



<sup>25</sup> Haynes, W.M. Op.cit. p. 4-62.

<sup>26</sup> Perry, D.L. Op.cit. p. 168.

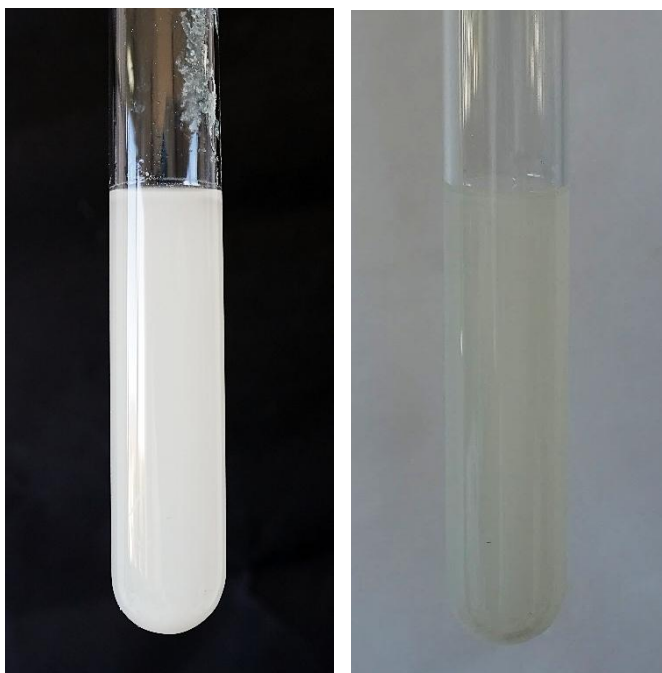
<sup>27</sup> Nekrasov, B. V. (1973). Osnovy obshchei khimii, Vol. 2. Moskva: Khimiya. p. 90.

<sup>28</sup> Judge, W.D., Ng, K.L., Moldoveanu, G.A., Kolliopoulos, G., Papangelakis, V.G., Azimi, G. (2023). Solubilities of heavy rare earth sulfates in water (gadolinium to lutetium) and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions (dysprosium). Hydrometallurgy, 218.

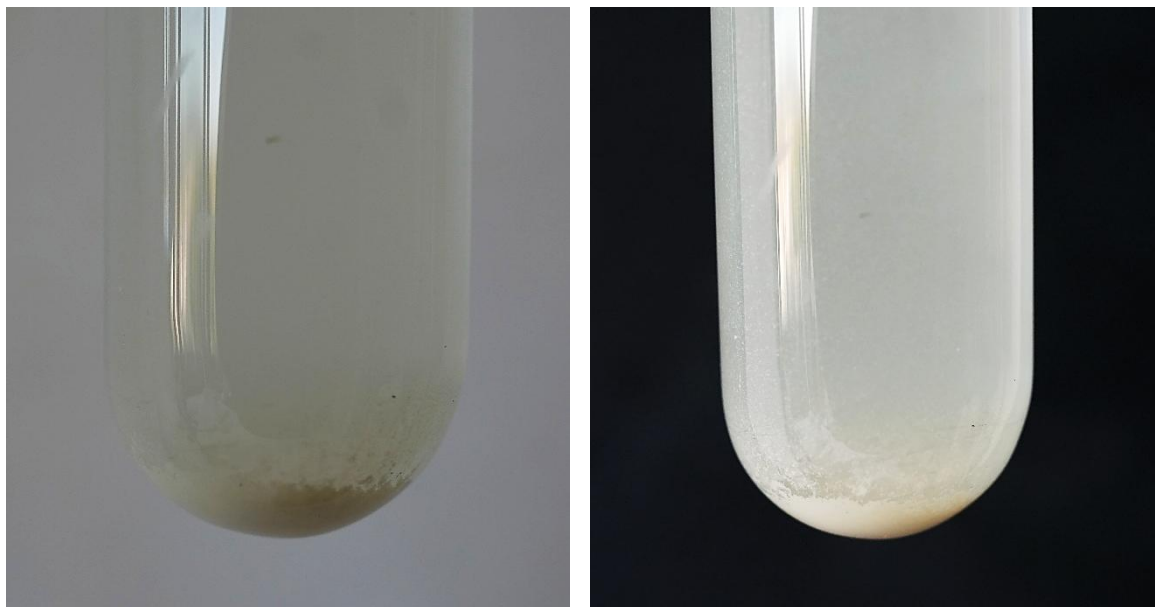
<sup>29</sup> Housecroft, C.E., Sharpe, A.G. Op.cit. p. 749.

Veamos en imágenes cómo se produce la precipitación del sulfato.

Aquí podemos ver cómo se va disolviendo el hidróxido de europio que he añadido sobre una disolución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 25%. Estas dos fotografías son prácticamente consecutivas, y la única diferencia entre ellas es el color del fondo. Desde el inicio, se aprecia una turbidez blancuzca que se va tornando beige a medida que pasa el tiempo. Esa turbidez no tiene nada que ver con el hidróxido, que se disuelve nada más tocar la disolución, generando una niebla densa y sin grumos que se extiende por todo el líquido.



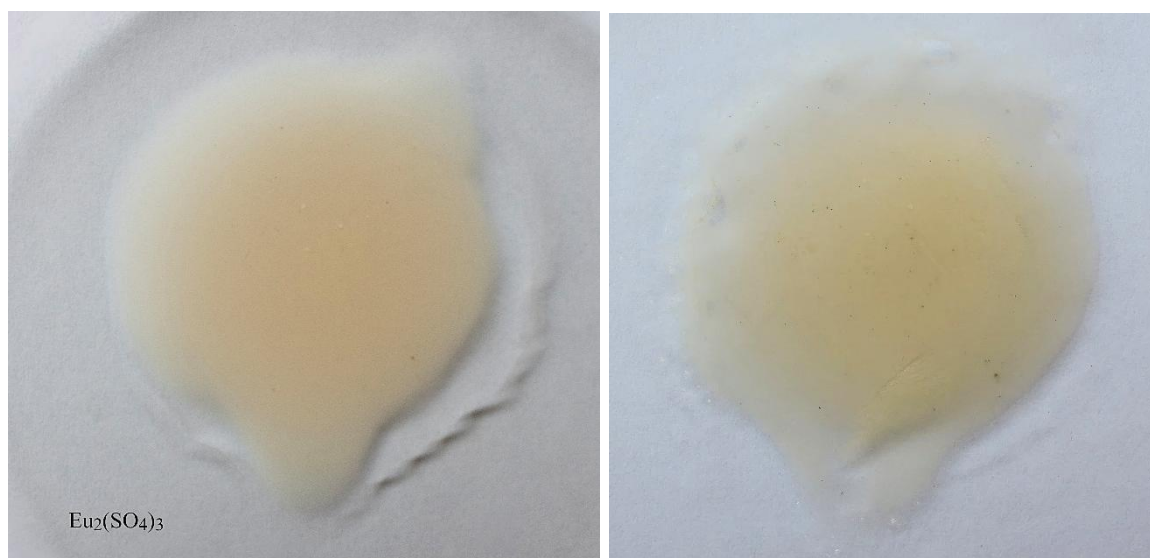
Ese nuevo precipitado, tiene un aspecto cristalino, no gelatinoso, y su color va madurando con el tiempo. Tras unas cuantas horas de espera, el precipitado se define perfectamente en el fondo del tubo, mientras que las aguas madres quedan completamente transparentes.



Al igual que sucede con otros lantánidos la influencia del pH es importante a la hora de considerar qué especie catiónica tenemos en disolución, dado que se relaciona con la concentración de sulfatos en el medio, lo que abre el abanico de posibles cationes tipo  $\text{Eu}^{+3}$ ,  $[\text{Eu}(\text{SO}_4)]^{+1}$  e incluso aniones como  $[\text{Eu}(\text{SO}_4)_2]^{-1}$  que aparecen en ambientes con alta concentración de sulfatos. Aunque a la hora de la cristalización del  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$

esto es irrelevante, sí habría que considerarlo cuando tenemos la intención de precipitar sales insolubles o hidróxidos de los lantánidos. De manera que, para bajar la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en el medio, una precaución apropiada sea la de diluir la concentración del metal, en el caso de que se vaya a echar el agente precipitante sobre la disolución ácida.

Aquí vemos unas imágenes del  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  obtenido:



En la segunda de las imágenes, obtenida al día siguiente, una vez que se ha secado el compuesto, vemos que su superficie amarillea un poco, tornándose beige, aunque no pierde realmente los visos rosados.

## F) NITRATO DE EUROPIO (III)

El color del  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  se describe como un compuesto cristalino que va del blanco al blanco rosáceo<sup>30</sup>, además de ser higroscópico, por lo que le cuesta cristalizar por evaporación. Debido a que se forma directamente al oxidar el metal en  $\text{HNO}_3$  y agua destilada, podemos llevarlo a sequedad y obtener la sal «pura» sin que se produzcan productos derivados indeseables.

Basta con calentar un poco, pues el agua se pierde fácilmente tras el calentamiento, considerando que el compuesto se funde<sup>31</sup> a los  $65^\circ\text{C}$ , pero no debemos calentar en exceso para que no se descomponga el compuesto, por lo que se recomienda simplemente hacerlo sobre la rejilla de amianto. Además, su temperatura de ebullición<sup>32</sup> es de  $85^\circ\text{C}$ , por lo que

<sup>30</sup> Perry, D.L. Op.cit. p. 167. Cf. Haynes, W.M.(2016–2017). Handbook. Op.cit. 4-75.

<sup>31</sup> Melnikov, P., Arkhangelsky, I.V., Nascimento, V., Silva de Olivera, L.C., Silva, A.F., Zandoni, L.Z. (2016). Thermal properties of europium nitrate hexahydrate  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 128,3, pp:1-6.

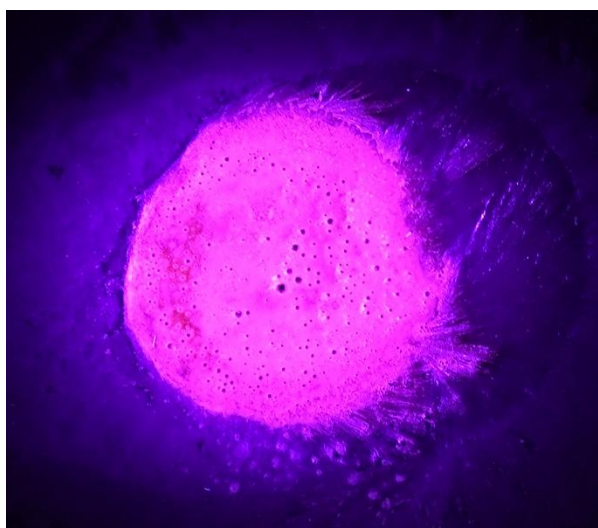
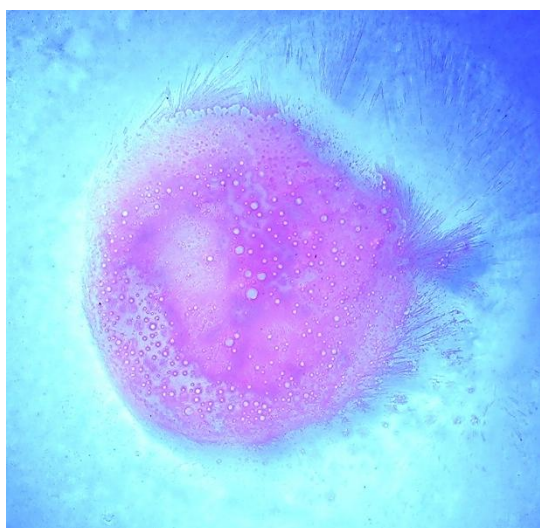
<sup>32</sup> <https://www.nanoshel.com/product/europium-III-nitrate-hydrate> (Consultado el 09/09/2025)

se perderá si no ponemos cuidado. En todos los casos en los que pongo una temperatura de ebullición para compuestos iónicos, hay que considerar que cursa con descomposición, de manera que hablar de “temperatura de ebullición” tal cual, es cuestionable. Sin embargo, debido a que el dato aparece en las fichas del producto facilitadas por los distribuidores, la pongo como mera referencia. Sospecho que, en muchos casos, es un duplicado de la temperatura de fusión, dado que en muchas fichas ambas cifras son prácticamente consecutivas. En cualquier caso, la descomposición térmica se produce a temperaturas muy superiores, que sólo se alcanzan al aplicar la llama directamente a un tubo de ensayo.

Vemos una imagen del nitrato de europio formado:

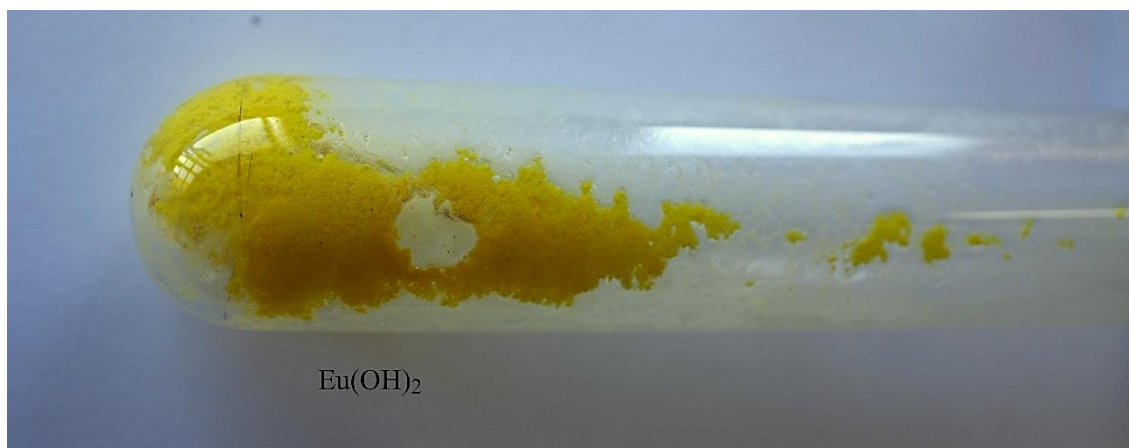


Tengo que destacar que, de entre todos los compuestos que he obtenido, la fluorescencia del nitrato de europio, es la que me ha parecido más intensa. Al menos desde la subjetividad de la vista, al igual que ocurre con el oxalato, y con el hidróxido de europio (III), que me ha parecido más rojiza.



a) *Hidróxido de europio (II)*

El  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  es de color amarillo intenso<sup>33</sup>, tanto que yo lo describiría como amarillo mostaza. Se presenta como compuesto dihidratado<sup>34</sup>  $\text{Eu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y a pesar de que su presencia es fácilmente constatable, por el color, en las condiciones habituales de reacción se oxida rápidamente a  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  de color blanco o blanco rosado. La forma de obtenerlo, como hemos visto, es poner en contacto el metal con agua destilada, de manera que, retirando el agua rápidamente, nos queda el  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  en el tubo de ensayo.



b) *Hidróxido de europio (III) en tubo de ensayo*

Al añadir unas gotas de la disolución de  $\text{Eu}^{+3}$  a una disolución concentrada de  $\text{NaOH}$ , obtenemos un precipitado blanco<sup>35</sup> correspondiente al  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  que no presenta la tonalidad rosada que ya hemos apreciado cuando se dejó madurar el hidróxido formado a partir de la reacción del  $\text{Eu}$  con agua destilada. Es difícil encontrar referencias sólidas acerca del color rosa pálido<sup>36</sup> que a veces alterna con el color blanco, a la hora de escribir el compuesto. En principio, yo sólo he observado cierta tonalidad rosada cuando el precipitado es denso y no en estos ensayos, en donde he empleado unas gotas del metal disuelto. De ahí que, en los experimentos que siguen, el color del hidróxido de europio (III) obtenido sea básicamente blanco, por lo que, para ver las estructuras del precipitado, he preferido colocar un fondo de color negro. No obstante, ni siquiera cuando he contrastado el color, utilizando un fondo blanco, el precipitado se tornó rosado.

Probablemente, a causa de la baja concentración del  $\text{Eu}^{+3}$ , en torno a 0.1M, la formación del hidróxido de europio (III) ha sido menos efectiva que en otros casos con

<sup>33</sup> Brauer, G. (1975). Handbuch der Präparativen Anorganischen Chemie in drei Bände. Volumen 1. Stuttgart, Alemania: Ferdinand Enke. p. 1091.

<sup>34</sup> Baernighausen, H. (1966). Lattice constants and space group of the isotypic compounds  $\text{Eu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , and  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Zeitschrift fuer Anorganische und Allgemeine Chemie. 342, (5-6) pp:233-239.

<sup>35</sup> <http://www.metall.com.cn/euoh.htm>

<https://www.americanelements.com/europium-hydroxide-16469-19-5> (Consultados el 07/09/2025)

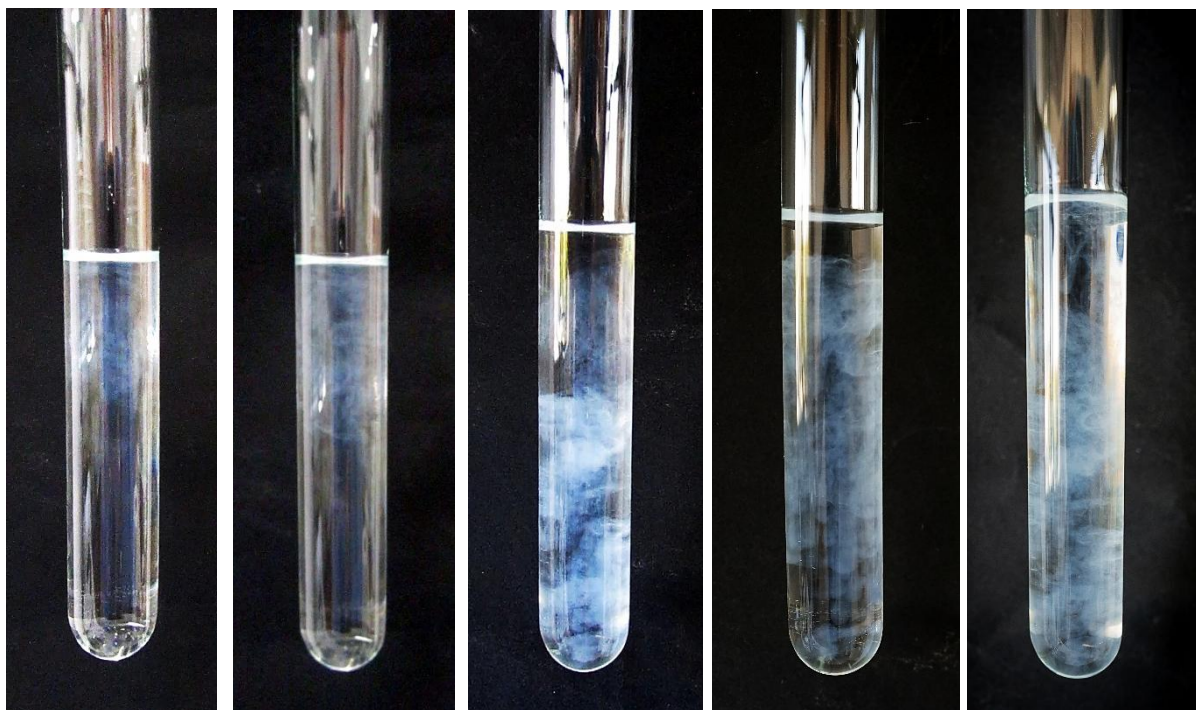
<sup>36</sup> <https://www.smolecule.com/products/s1520828> (Visitado el 07/09/2025)

una concentración mayor del metal. La niebla ha sido sutil, y sólo, a medida que iba añadiendo gota sobre gota, comenzó a visualizarse el precipitado, con un aspecto gelatinoso y blanco. Sabemos que los hidróxidos de los lantánidos no son anfóteros tal y como he reseñado en el apartado anterior, por lo que no se redisuelven a pH alto, y no hay peligro al trabajar con disoluciones de basicidad alta. A decir verdad, en algunos de los ensayos repetidos, con vidrio de reloj, me ha dado la sensación de que, al añadir bolitas de sosa sobre el hidróxido, éste menguaba; aunque podría haber habido un transporte de partículas hacia la periferia de las aguas madres del vidrio de reloj, dando la sensación de que el precipitado central estaba disolviéndose. En cualquier caso, es un hidróxido hidratado, pero no se trata de un óxido hidratado<sup>37</sup>, tal y como ocurre con los lantánidos en general.

La formación del hidróxido de europio (III), partiendo del metal disuelto en un medio ácido sigue la reacción habitual:



Aquí podemos ver algunas imágenes del precipitado  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  que se forma al añadir gotas de  $\text{Eu}^{+3}$  en medio ácido sobre una disolución básica de sosa. Tras sucesivas adiciones el compuesto se visibiliza, cayendo al fondo por gravedad. Los grumos de mayor densidad se van concretando y el color azulado propio de la dispersión de la luz se va haciendo cada vez más blanco.

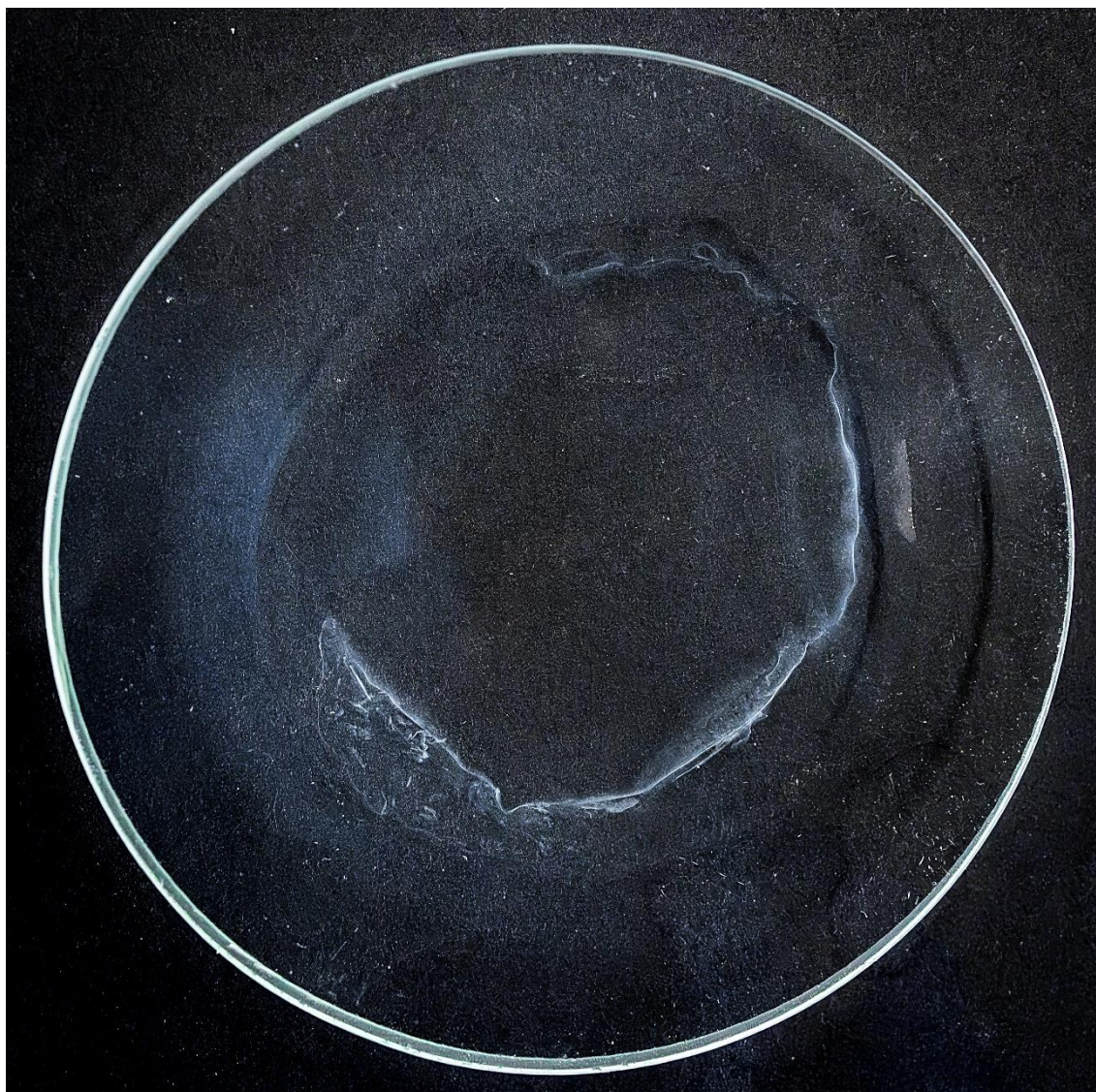


<sup>37</sup> Cotton, F.A. op.cit. p. 1191.

*b) Con NaOH en vidrio de reloj*

He hecho previamente una disolución de NaOH en agua destilada con una concentración alta y la puse sobre un vidrio de reloj siguiendo la metodología habitual en estas prácticas. Como añadiré unas gotas de la disolución ácida del  $\text{Eu}^{+3}$ , el hidróxido se formará de repente, al estar el ácido en mucha menor cantidad que la base, dominante en el vidrio de reloj.

El color blanco del  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  se forma rápido, pero es menos conspicuo de lo habitual en estos compuestos y apenas se observa, incluso cuando pongo el fondo negro. Aunque he ido añadiendo bastante  $\text{Eu}^{+3}$  y he comprobado en todo momento que el pH es básico, la formación del hidróxido de europio (III) difiere un poco de la de otros lantánidos. Al menos, me parece que el precipitado tiene menos cuerpo, algo que contrasta con el resultado siguiente, cuando añadido a esta misma disolución, unas bolitas de NaOH. Parece que, al precipitar alrededor de la bolita de base, hay mayor facilidad para condensar y formar el precipitado.



*c) NaOH sólido sobre la disolución de  $\text{Eu}^{+3}$*

Si dejo caer unas bolitas de NaOH sobre la disolución ácida y diluida de  $\text{Eu}^{+3}$ , entonces el precipitado de  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  las recubre rápidamente, formando estructuras de mayor densidad alrededor de la base y gran belleza.



*d) Con  $\text{NH}_3$  (ac.) y  $\text{Eu}^{+3}$*

La formación de  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  a partir de la adición de unas gotas de la disolución ácida de  $\text{Eu}^{+3}$  sobre la disolución de amoníaco  $\text{NH}_3$  al 40% forma estructuras definidas de gran belleza. En este caso, el precipitado sigue siendo blanco, aunque ya se aprecian tonos beige o rosados a medida que se adensa el hidróxido, aunque el color no difiere al cambiar el fondo de blanco a negro.



e) Paso del  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  al  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ 

La facilidad con la que se forma el  $\text{Eu}(\text{OH})_2$ , de color amarillo intenso, ofrece la posibilidad de ver uno de los cambios de color más interesantes de entre los lantánidos, cuando se va oxidando a  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ , de color blanco, al quedar expuesto a las condiciones atmosféricas. Las tres primeras imágenes fueron obtenidas al exponer europio metálico a agua destilada. Lo que vemos ahí es el poso decantado y separado. La cuarta imagen se corresponde con el  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  obtenido al añadir la  $\text{Eu}^{+3}$  sobre la disolución de sosa concentrada. Ahí se aprecian visos rosados en la periferia del precipitado, algo semejante a lo que sucede con la tercera de las imágenes, donde hay una vaga tonalidad rosácea que no se aprecia bien en la imagen y que depende de la luz y del ángulo.



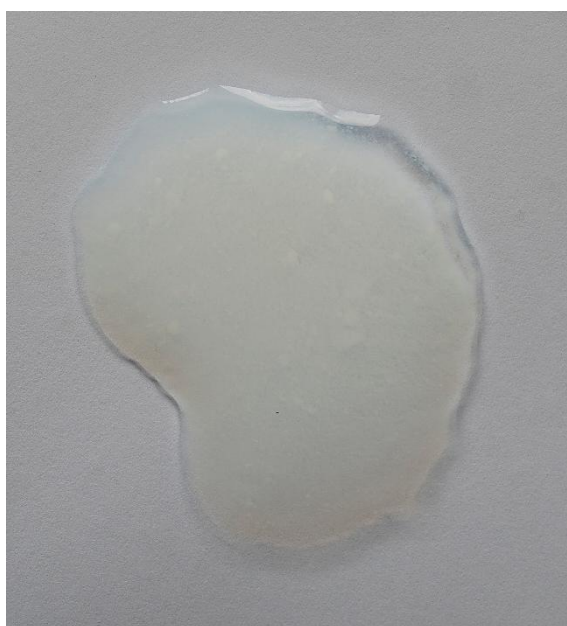
Recién decantado del tubo de ensayo



Un día más tarde

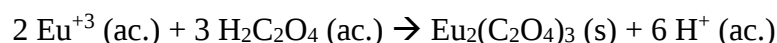


Otro ensayo, tres días más tarde

 $\text{Eu}(\text{OH})_3$  obtenido en tubo de ensayo con sosa

## G) OXALATO DE EUROPIO

El catión de  $\text{Eu}^{+3}$ , que está en una concentración de 0.1M en una disolución de ácido nítrico, precipita rápidamente al ser añadido en una disolución concentrada de ácido oxálico y es un método de separación cuantitativa propio de los lantánidos<sup>38</sup>. En este caso he añadido con un gotero pequeñas cantidades de la disolución del europio sobre la disolución del ácido oxálico en agua destilada. El oxalato de europio (III) precipita en forma de un precipitado blanco y es bastante compacto, como es habitual en los oxalatos. Es la vía más importante para obtener óxidos en los lantánidos<sup>39</sup>, y por descomposición térmica del oxalato, permite obtener el óxido de europio (III), que es el resultado final de la descomposición. Al añadir las primeras gotas de la disolución ácida con el  $\text{Eu}^{+3}$  (he usado para ello la disolución realizada con el ácido nítrico) sobre la disolución de oxálico, se forma un precipitado denso que se va al fondo rápidamente. El producto de solubilidad<sup>40</sup> del oxalato de europio (III) es de  $4.2 \cdot 10^{-32}$ . De esta manera tenemos una precipitación cuantitativa del metal. Como ya se analizó en el artículo del erbio, la forma química del ácido oxálico depende de las condiciones de pH de la disolución. Al pH de la disolución ácida de partida, el oxálico no desprotona, pero el  $\text{Eu}^{+3}$  puede reaccionar con la pequeña cantidad libre de  $[\text{C}_2\text{O}_4]^{-2}$  y precipitar de inmediato. Al salir del equilibrio, la formación del oxalato se ve favorecida y la reacción global se puede escribir como<sup>41</sup>:



En condiciones neutras o básicas se pueden producir mezclas entre sales con diferentes aniones<sup>42</sup>, con el oxalato  $[\text{C}_2\text{O}_4]^{-2}$  y el  $[\text{HC}_2\text{O}_4]^{-1}$ , aunque no me preocupa su coprecipitación, debido al carácter descriptivo del artículo. Según el libro de Dale L. Perry, el color del  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  es blanco<sup>43</sup> y el aspecto cristalino que remarkan las diferentes fuentes, es evidente nada más se deja secar, sin que haya que esperar a que crezcan los cristales. Además, se describe como higroscópico, pero yo no he apreciado cambios una vez que se encuentra seco. Al igual que otros oxalatos, precipita como decahidrato<sup>44</sup>,  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

En las siguientes imágenes, se aprecia el efecto de añadir unas gotas de la disolución ácida de  $\text{Eu}^{+3}$  sobre una disolución de ácido oxálico concentrado en tubo de ensayo. La forma del frente de precipitación, con la que cae al fondo del tubo, es muy característica de los oxalatos en general.

<sup>38</sup> Cotton, F.A. op.cit. p. 1192.

<sup>39</sup> Ibídem, p. 1192.

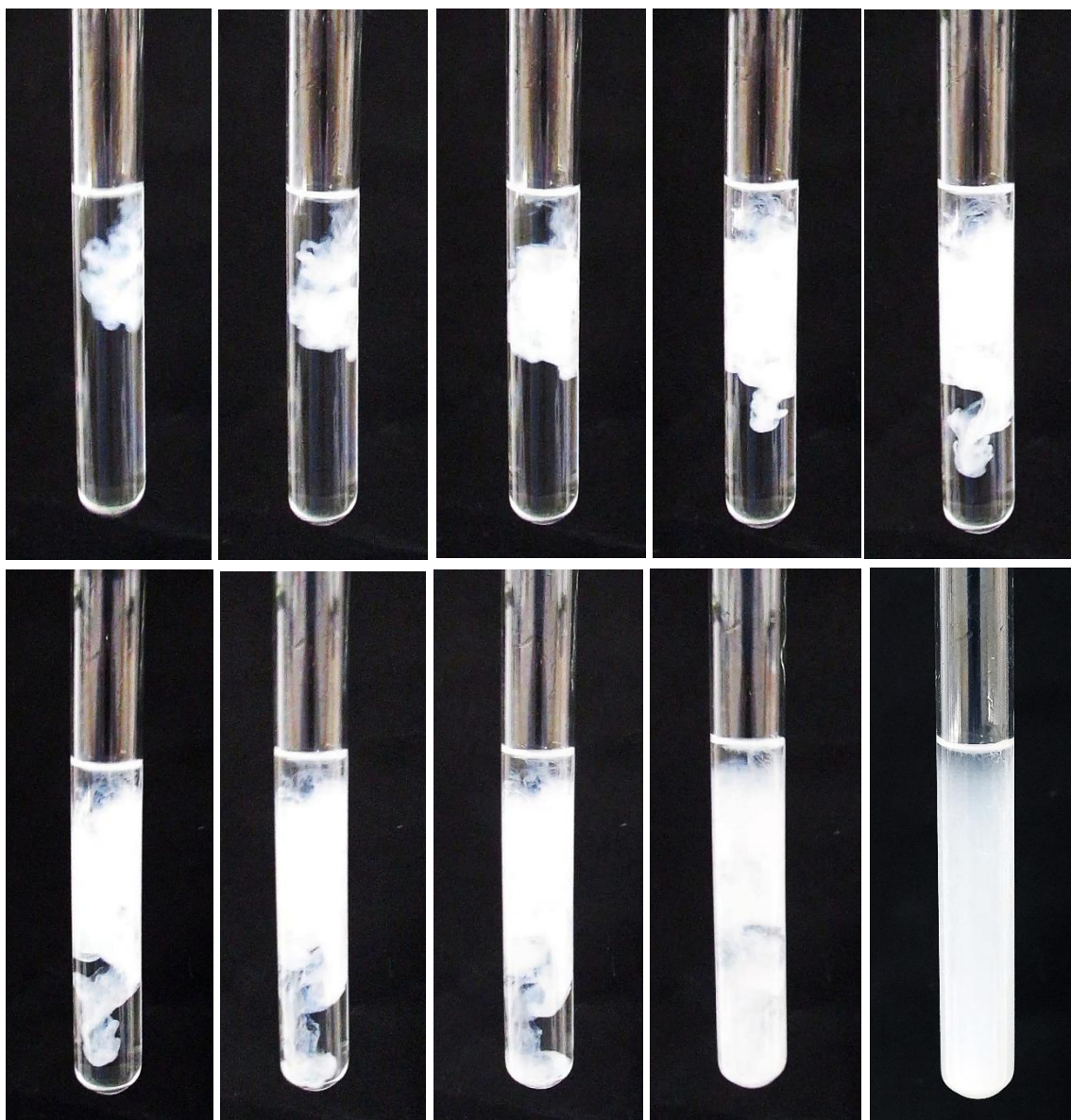
<sup>40</sup> Dong-Yong Chung, Eung-Ho Kim, Eil-Hee Lee, Jae-Hyung Yoo. (1998). Solubility of Rare Earth Oxalate in Oxalic and Nitric Acid Media. Journal of Industria and Engineering Chemistry, 4, 4, pp:277-284, p.282.

<sup>41</sup> Ibídem. Ver el conjunto de equilibrios del diprótico y de la formación de los complejos y precipitado.

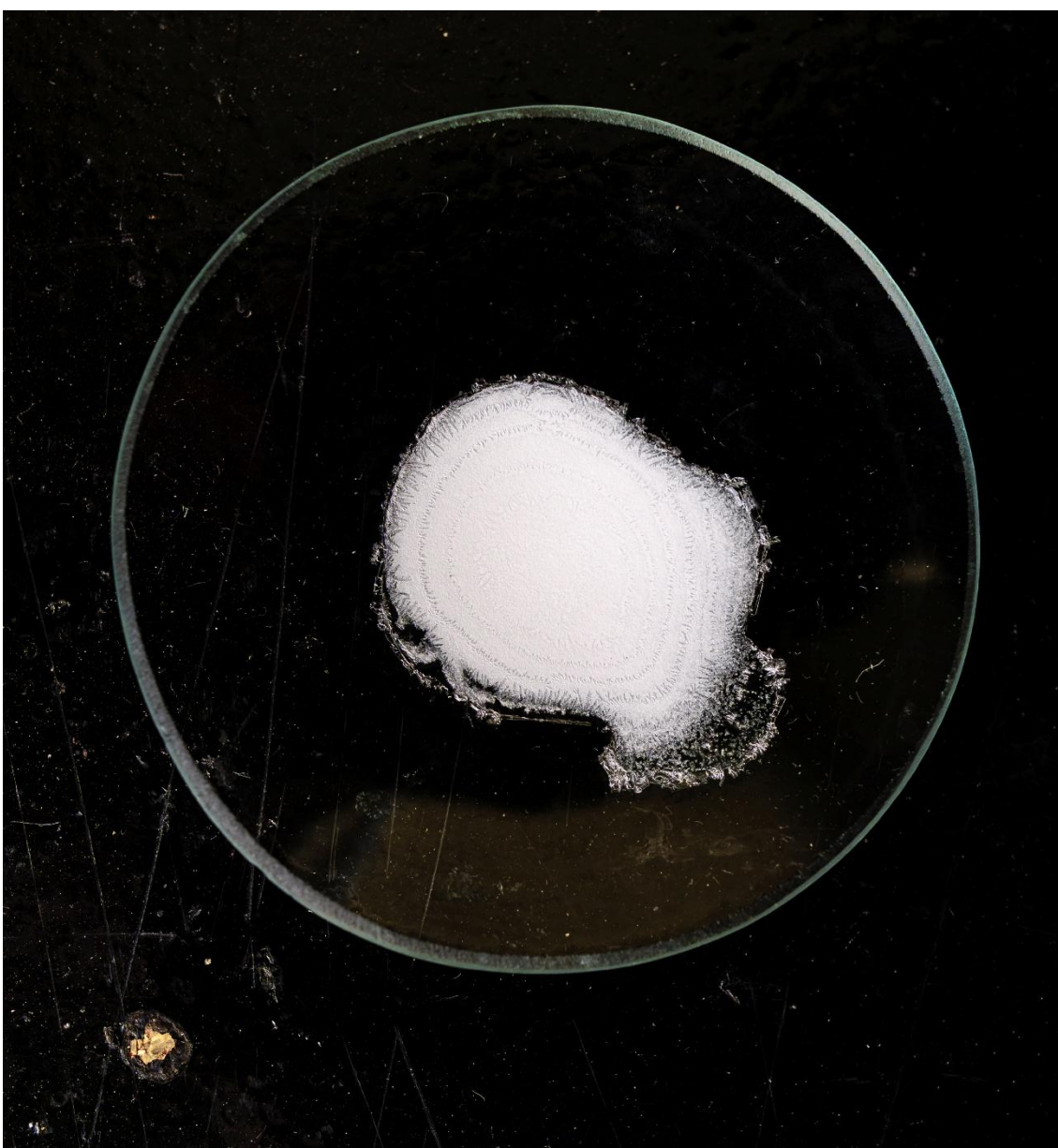
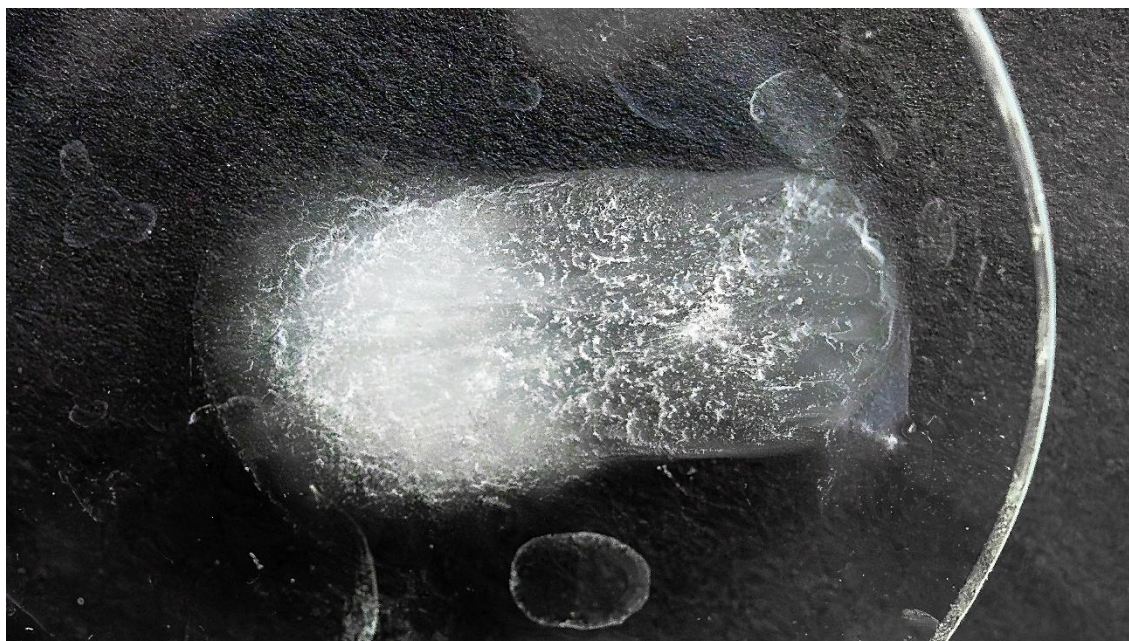
<sup>42</sup> Cotton, F.A., op.cit. p. 1192.

<sup>43</sup> Perry, D.L., op.cit. p. 168.

<sup>44</sup> Berdonosov, S. S., Berdonosova, D. G., & Prokof'ev, M. A. (1976). Study of decahydrate europium oxalate. Zh. neorg. khim., 21(5), 1184-1189.



En el vidrio de reloj se aprecian mejor las estructuras de color blanco, como suele ser habitual. En la imagen siguiente se aprecia el grado de cristalinidad del oxalato. El compuesto se va adensando poco a poco hasta que al final cubre la superficie del vidrio de reloj hasta formar un precipitado blanco que se va depositando en forma de hebras cortas, bastante características de los oxalatos, aunque en otros casos se han estirado mucho más en el espacio. La segunda imagen muestra el  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , una vez seco, habiendo dejado que se evaporen los restos de aguas madres sobre un vidrio de reloj, tras haber decantado la cosecha obtenida en el tubo de ensayo. El compuesto blanco se localiza en el centro, mientras que los cristales de oxalato se han formado alrededor de él, de manera que se ve una corona de cristales incoloros y alargados rodeando al oxalato de europio (III), cuya presencia se destaca perfectamente gracias a su extraordinaria fluorescencia, mientras que los cristales de ácido oxálico permanecen apagados.



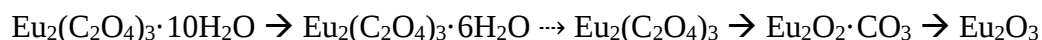
## H) ÓXIDO DE EUROPIO (III)

El óxido de europio (III) se describe como polvo de color rosa pálido<sup>45</sup> pero también aparece como polvo blanco<sup>46</sup> en descripciones de suministradores, y es este color el que yo he encontrado una vez obtenido el compuesto. El óxido de europio es un compuesto con bastantes utilidades industriales, debidas sobre todo a su alta fluorescencia en el visible.

### a) El óxido de europio (III) a partir de la descomposición térmica del $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$

La descomposición térmica del oxalato de europio (III) depende de la composición del gas bajo el que se está llevando a cabo la reacción, de ahí que los intermedios difieran dependiendo de si la atmósfera es rica en  $\text{O}_2$  o si en cambio carece del mismo<sup>47</sup>. En cualquier caso, el resultado final es el  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ . Según el libro de K. C. Pyles, a la presión atmosférica la deshidratación del  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  comenzaría a los  $60^\circ\text{C}$  y pasaría a estar anhidro a partir de los  $320^\circ\text{C}$ . Sin embargo, a partir de los  $620^\circ\text{C}$ , el compuesto permanecería como óxido estable<sup>48</sup>.

Según el artículo de V. A. Sharov<sup>49</sup> el compuesto cede el agua en tres etapas, formando primero el hexahidrato, pasando después a tener cinco o tres moléculas de agua de coordinación a los  $170^\circ\text{C}$  aproximadamente, hasta empezar a los  $240^\circ\text{C}$  la etapa final de deshidratación que lo convertirá en anhidro  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ . En la descomposición del oxalato anhidro se ha constatado la existencia de  $\text{Eu}_2\text{O}_2 \cdot \text{CO}_3$  como intermedio<sup>50</sup>, en la compleja cadena de reacciones que propone el investigador.



Vemos algunas de las imágenes del proceso, comenzando con la primera donde tenemos el  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  de color blanco. Los cambios en el proceso son bastante rápidos, en comparación con otros oxalatos de lantánidos en donde hay un amarilleo del material, seguido de su ennegrecimiento y, sólo tras bastantes minutos calentando, la eliminación de los restos de inquemado. Aquí se produce todo el proceso en breve tras calentar a la llama de alcohol. El ennegrecimiento se debe a los restos de carbono procedentes de la descomposición del oxalato que van recubriendo la superficie del material. Con el transcurso del tiempo, la sustancia va clareando, a causa de la combustión

<sup>45</sup> Perry, D.L. Op.cit. p. 168.

<sup>46</sup> <https://www.samaterials.es/europium/1057-europium-oxide.html> (Visitado el 09/09/2025)

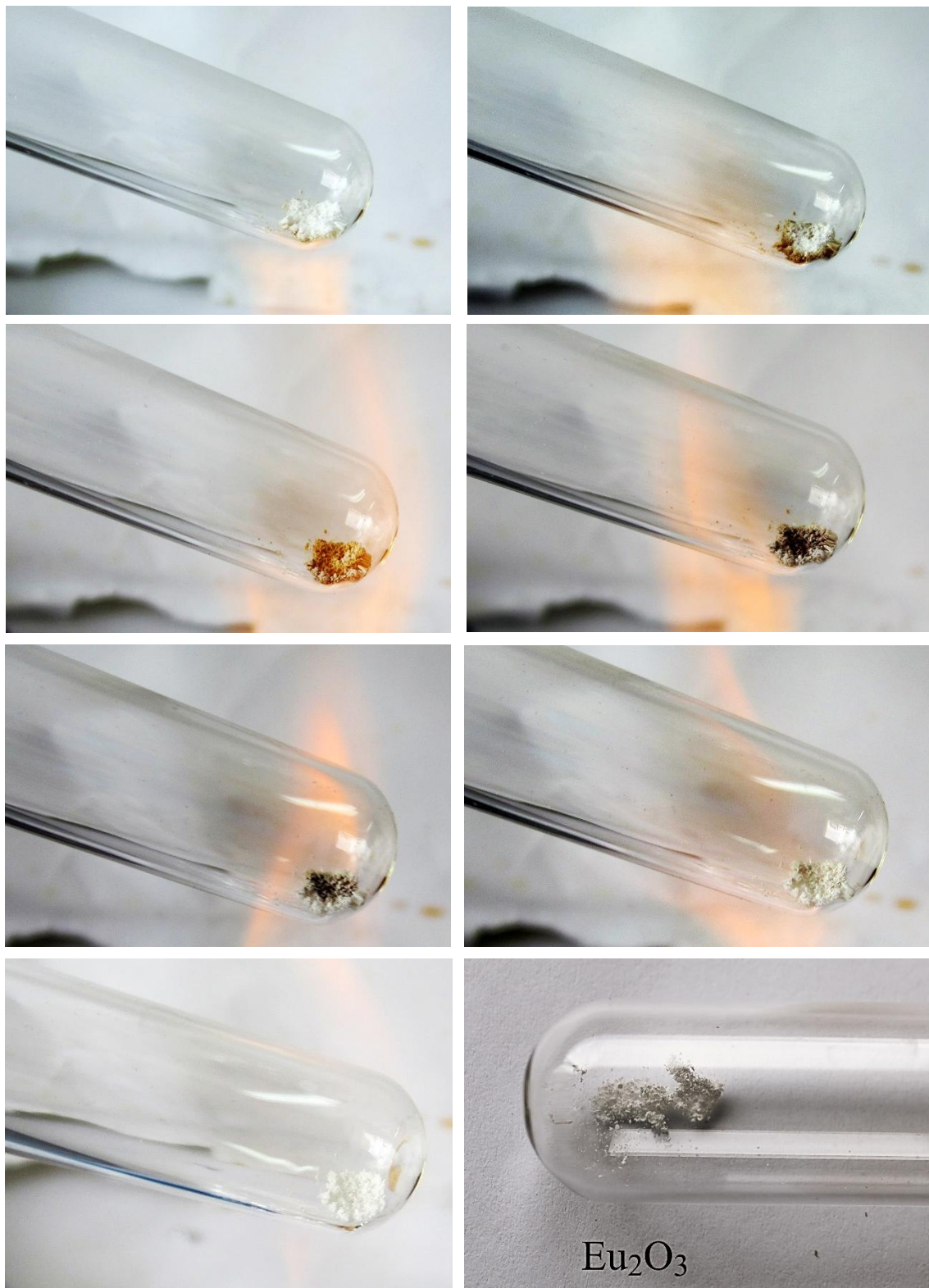
<sup>47</sup> Glasner, A., Levy, E., Steinberg, M. (1963). Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry, 25, 11, pp: 1415-1422.

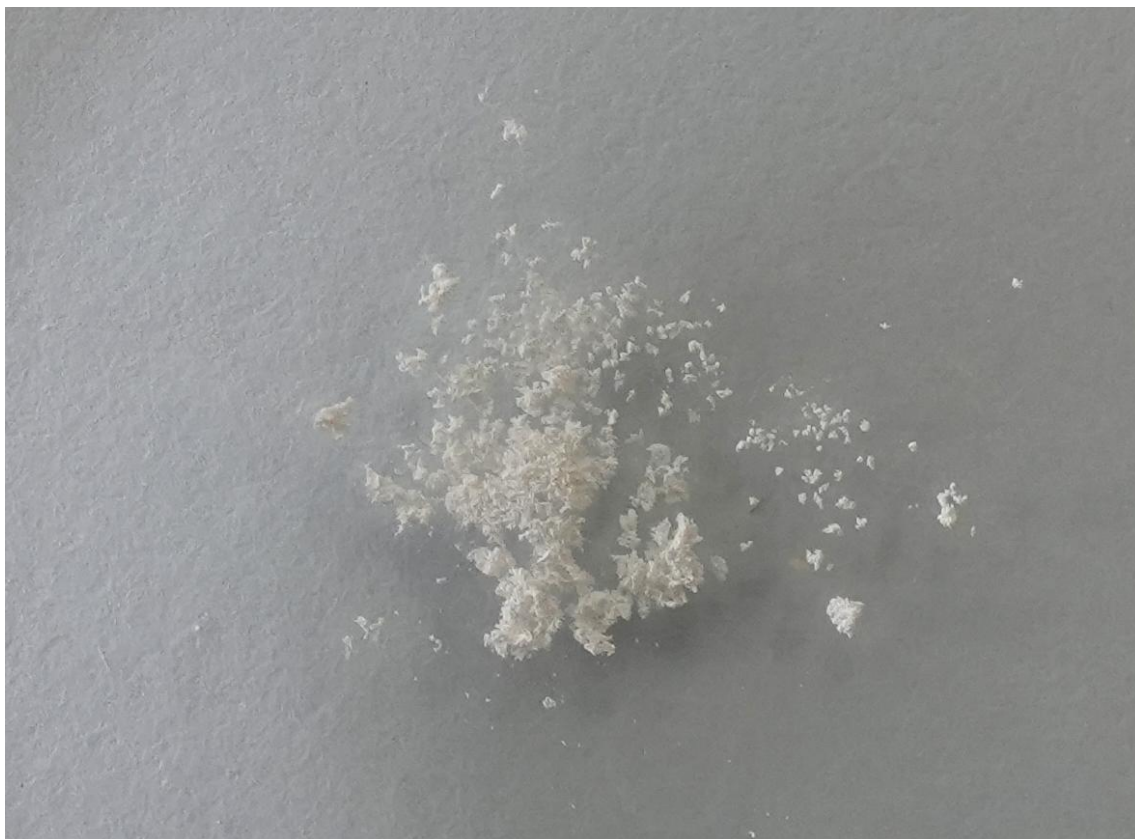
<sup>48</sup> Pyles, K.C. (1970). Studies of Rares Earth Acid Oxalates. Masters Theses. 4022. p. 30. <https://thekeep.eiu.edu/theses/4022>

<sup>49</sup> Sharov, V.A., Bezdenzhnykh, G.V. (1981). Thermal Decomposition of Lanthanide, Yttrium, and Scandium Oxalates and Carbonates. Russian Chemical Reviews, 50, 7. pp: 630-635. p. 631.

<sup>50</sup> Ibídem, p. 633.

paulatina del residuo de carbono, hasta que queda el óxido de europio (III) de color blanco. Este  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  es atraído fácilmente por un imán de neodimio, lo que corrobora su paramagnetismo, aunque, debido a que el oxalato también es paramagnético, no lo podemos usar como argumento diferenciador. Sin embargo, siguiendo la sucesión blanco-negro-blanco de la secuencia de imágenes, comprobamos que se ha producido la reacción buscada.

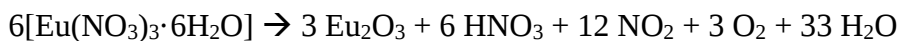




*Por descomposición del nitrato de europio (III)*

La descomposición<sup>51</sup> del nitrato de europio (III) al aire genera  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  como resultado estable a partir de los  $300^\circ\text{C}$ . Al calentar el  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  se funde a los  $65^\circ\text{C}$  y hierve a los  $112^\circ\text{C}$ . La primera fase del proceso de pérdida de masa, correspondiente con agua de coordinación y con  $\text{HNO}_3$  (procedentes de los grupos nitrato), se produce entre los  $78^\circ\text{C}$  y los  $229^\circ\text{C}$ . Posteriormente, en sucesivas fases de pérdida de masa, se registran pérdidas de  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_2$ , para acabar formando un clúster de seis unidades,  $6[\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  que va perdiendo poco a poco agua y ácido nítrico hasta acabar formando  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ . Es algo análogo a lo que ocurre con el neodimio y otros lantánidos.

Globalmente, este clúster acaba rindiendo  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ :

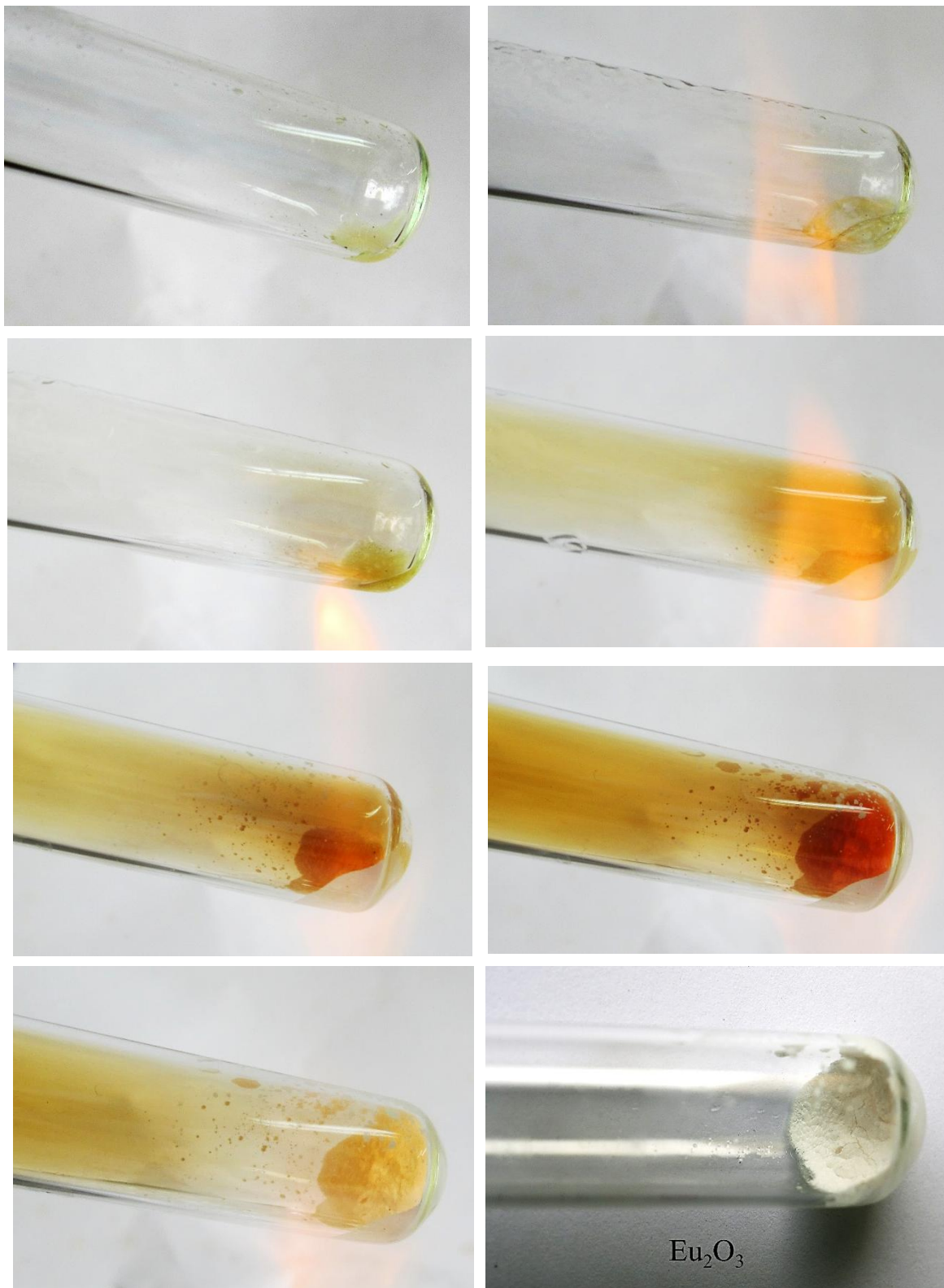


En la descomposición del nitrato se emiten agua,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}_5$  que escapan al ser gaseosas. Podemos seguir fácilmente el proceso de descomposición del nitrato  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  hidratado en el laboratorio gracias a la formación del  $\text{NO}_2$  de color naranja, que escapa al aire dentro de la campana. Al ir calentando, poco a poco la emisión del óxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$  cesa y obtenemos el óxido de color blanco. Hay que calentar durante al menos un cuarto de hora para que la emisión de  $\text{NO}_2$  cese.

---

<sup>51</sup> Melnikov, P., et al. Op. Cit.

Vemos aquí el proceso de descomposición del nitrato de europio en imágenes, partiendo del  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , de color beige con visos rosados. A pesar de ser higroscópico, se raspa bien y no queda en forma de melaza, como otras veces (debido a la presencia de  $\text{HNO}_3$  de las aguas madres). El resultado final es el óxido de europio (III) de color blanco.

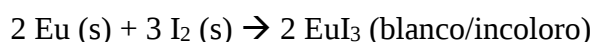
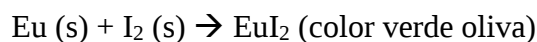


## I) OBTENCIÓN DE LOS YODUROS DE EUROPIO (II) Y (III)

De la misma forma que sucede con otros lantánidos, tenemos dos yoduros para el europio: el yoduro de europio (II), de color verde oliva<sup>52</sup>, y el yoduro de europio (III) de color blanco o incoloro<sup>53</sup>.

Habitualmente la síntesis de los haluros de los lantánidos se logra a partir de la ruta del «cloruro de amonio»<sup>54</sup> que tiene la ventaja de ser común para los lantánidos y permite obtener cloruros anhidros, pero he preferido obtener sendos yoduros poniendo directamente en contacto los elementos y calentando. Al contrario que otras veces he usado un pequeño trozo macizo de europio sin limaduras del metal, porque las limaduras se vuelven amarillas inmediatamente. Los yoduros se forman recubriendo al metal, pero no es un problema, dado que el objetivo es captar el color correspondiente a los mismos, y no obtener el compuesto en un estado de gran pureza.

Las reacciones implicadas en la obtención del  $\text{EuI}_2$  y del  $\text{EuI}_3$  son las siguientes<sup>55</sup>:



### *Reacción entre el Eu y el $\text{I}_2$ antes de calentar*

Para llevar a cabo la reacción calentaré una cantidad de europio de 0.14g. He raspado la superficie para que el metal esté expuesto a la acción del yodo, dentro de lo que cabe, pues se recubre rápidamente de  $\text{Eu(OH)}_2$ , como he indicado. He añadido unos 0.4g de  $\text{I}_2$ , que supone un exceso estequiométrico del doble respecto a la primera de las reacciones anteriores. Debido a que me gusta que aparezcan ambos compuestos a la vez, pongo directamente en contacto el metal con un exceso de  $\text{I}_2$ . Por lo general, la diferencia de colores es tal que permite distinguir dónde se ha formado el diyoduro y dónde el triyoduro, dependiendo de la relación casual de masas en el tubo de ensayo. Sin embargo, en este caso, tenemos el problema de que la superficie del europio se recubre de una capa de  $\text{Eu(OH)}_2$  amarillo nada más se raspa, por lo que hay grandes zonas del trozo de metal que están recubiertas del hidróxido. El recubrimiento de estas superficies del metal por el  $\text{I}_2$  sublimado, no va a generar los diyoduros del metal como mero recubrimiento, tal y como sucede con otros lantánidos; al menos, no sin aparecer mezclados con el hidróxido amarillo. Además, al depositarse sobre el hidróxido, en vez de sobre el metal, se produce un oscurecimiento de la superficie, ya que el yodo no forma una capa de yoduro de

<sup>52</sup> Perry, D.L., op.cit. p. 166.

<sup>53</sup> Haynes, W.M. Op.cit. p. 4-62.

<sup>54</sup> Meyer, G. (1989). "The Ammonium Chloride Route to Anhydrous Rare Earth Chlorides—The Example of  $\text{YCl}_3$ ". En Harry R. Allcock *Inorganic Synthesis, volumen 25* (p. 146). Nueva York, EEUU: John Wiley & Sons.

<sup>55</sup> Cotton, S. (2006). Op.cit.pp: 26-28.

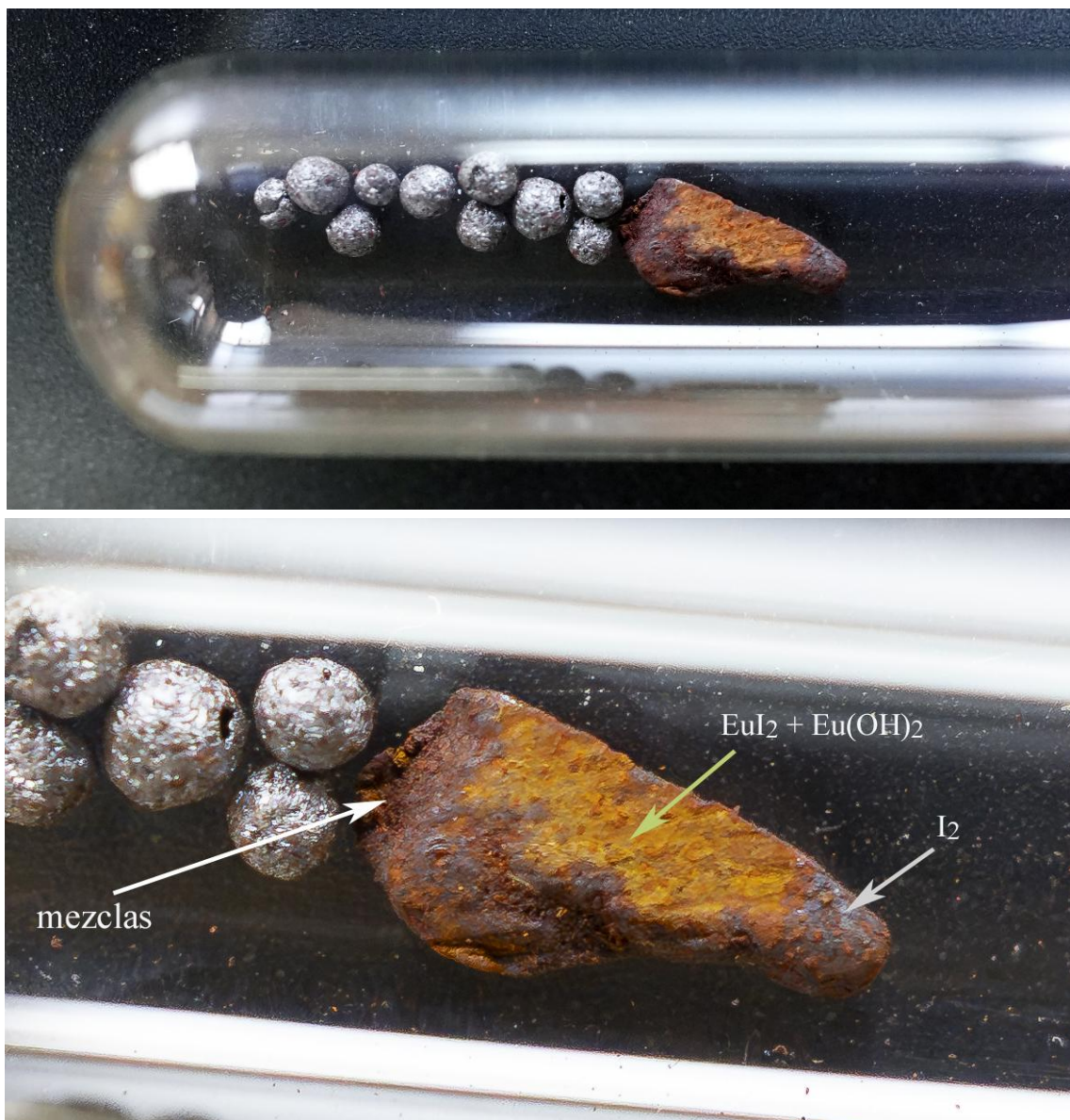
europio (II) sino que queda en estado elemental. Por ello, la suma del color verde del  $\text{EuI}_2$ , del color amarillo anaranjado del  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  y del negro correspondiente al  $\text{I}_2$  sólido, generarán capas de todo marrón cuando hay hidróxido de europio (II) y negro si la cantidad de yodo adherido es significativa.

La reacción entre el yodo y el europio, al igual que ocurría con otros lantánidos, se produce de forma instantánea nada más entrar ambos compuestos en contacto. Desde el punto de vista académico resulta muy atractivo, al ser una reacción superficial que se produce de forma instantánea, sin calentar, aunque el hecho de frotar el fondo del tubo de ensayo con la mano, hace que el recubrimiento aumente y adquiera tonalidades rojizas y negras, correspondientes al solapamiento de  $\text{EuI}_2$  (verde),  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  (amarillo anaranjado) y  $\text{I}_2$  (negro).

La reacción se puede completar de hecho, por fricción mecánica, sin calentar, como podemos ver en la serie de experimentos llevados a cabo por el grupo de Daniel Werner<sup>56</sup>.



<sup>56</sup> Werner, D., Badea, D., Schönzart, J., Eimermacher, S., Bätz, P.; Wickleder, M.S., Zegke, M. (2022). FacileSolvent-Free Mechanochemical Synthesis of  $\text{UI}_3$  and Lanthanoid Iodides. MDPI Chemistry, 4, pp: 1672–1678. <https://doi.org/10.3390/chemistry4040108>.  
Particularmente interesante el anexo de *Supporting information* (p. 5).



Dependiendo de la luminosidad y del fondo, los colores del recubrimiento varían, oscilando en la cara raspada entre el amarillo anaranjado y el rojo oscuro, mientras que los bordes no raspados se han oscurecido mucho más quedando de un color rojo o marrón oscuro, hasta gris oscuro.

#### *Reacción entre el Eu y el $I_2$ calentando a la llama*

La reacción me ha parecido muy semejante a la del neodimio. Es muy exotérmica, provocando la aparición de una luz roja muy llamativa, sin demasiadas chispas, acaso porque en este caso no había virutas. El metal parece ponerse al rojo vivo y, al igual que en el experimento del neodimio, ha provocado que el borosilicato se funda, formándose una especie de ampolla que acabó por resquebrajarse y quebrarse. En el seno de la ampolla se aprecia una sustancia absolutamente negra. El compuesto mayoritario, tras llevarse a cabo la reacción es el  $EuI_2$  de color verde, aunque hay  $EuI_3$  de color blanco en algunas

zonas periféricas, como veremos en las imágenes. El  $\text{EuI}_2$  se funde<sup>57</sup> a los  $580^\circ\text{C}$  y el  $\text{EuI}_3$  a los  $875^\circ\text{C}$ , valores que se han superado ampliamente ya que la temperatura de ablandamiento<sup>58</sup> del borosilicato es de  $821^\circ\text{C}$ .

El resultado final, una vez se enfría el tubo y vemos los productos que se han formado, es mayoritariamente de color verdoso, bastante contaminado, aunque hay zonas en las que se ve perfectamente un verde de color intenso. Tanto el  $\text{EuI}_2$  como el  $\text{EuI}_3$  reaccionan con el agua y el oxígeno produciendo oxiyoduro e hidróxido de europio<sup>59</sup>. Se puede ver precisamente cómo se degradan los compuestos recién formados en el fondo del tubo con el paso de los minutos: los colores cambian, perdiendo viveza, la textura se deshace, hasta transformarse por completo en diferentes compuestos, probablemente mezclas de hidróxidos.

#### *Reacción a la llama*

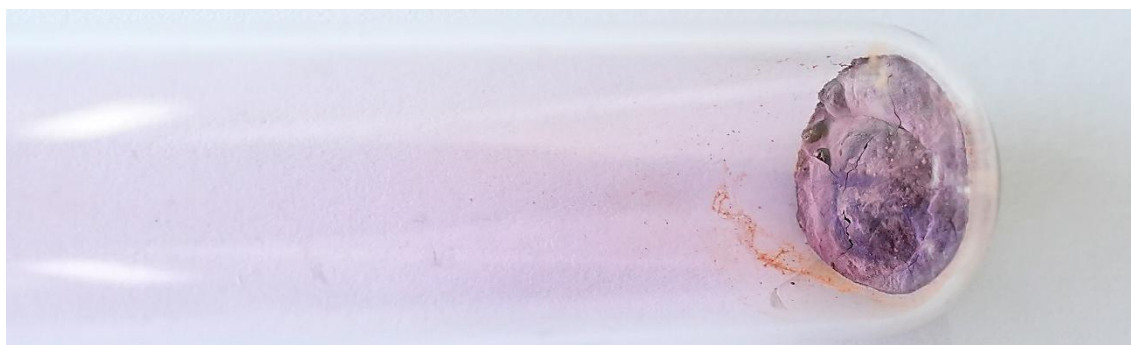


<sup>57</sup> Haynes, W.M. Op.cit. p. 4-62.

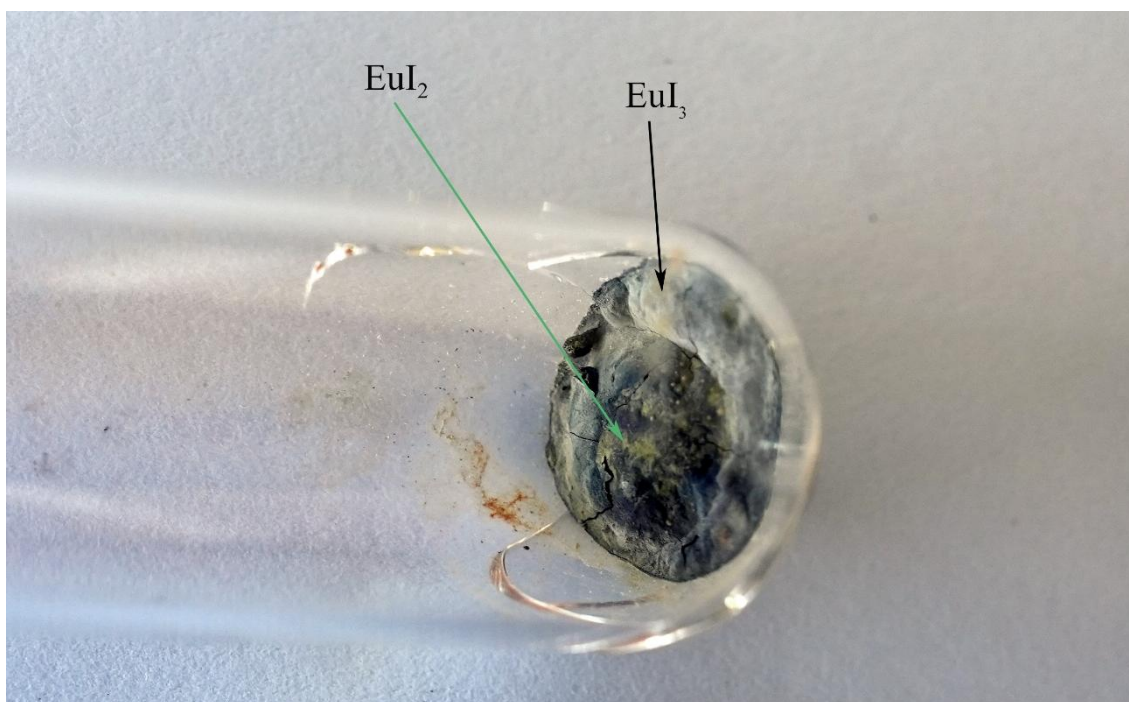
<sup>58</sup> <https://valleydesign.com/Datasheets/Corning-Pyrex-7740.pdf> (Consultado el 13/09/25)

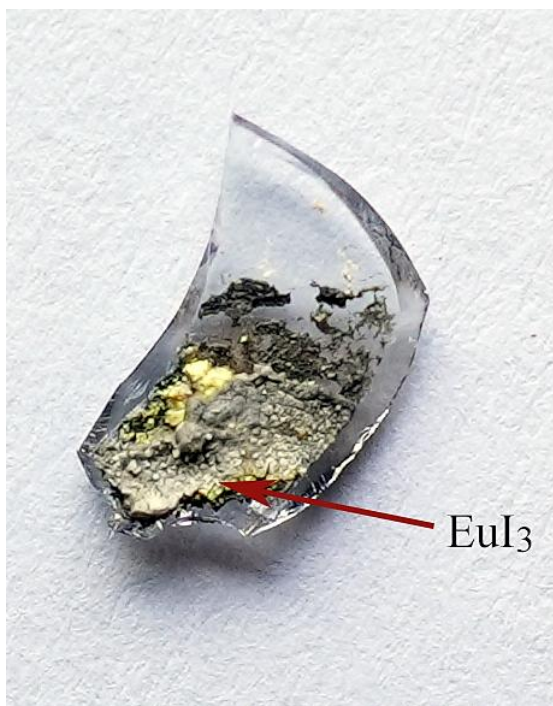
<sup>59</sup> Moeller, T. Op.cit. p. 84.

En las cuatro imágenes de la última fila se aprecia cómo se va reblandeciendo el vidrio de borosilicato, formando un abombamiento en el que se acomoda la mezcla de productos. Vemos como queda el tubo una vez que se ha enfriado. Se ve muy bien el yodo gaseoso que ha quedado en exceso, de color violeta, así como franjas de color anaranjado, y el bulto negro donde está recogido el producto. Al calentar repetidas veces para eliminar el exceso de yodo se acentúa el color verdoso, pero desaparece más tarde al reaccionar con el aire, probablemente.



Al dar un pequeño golpe sobre la mesa de trabajo de la vitrina, el fondo del tubo se desprende, dejando la superficie verdosa del yoduro de europio (II) predominante, así como algunas regiones blancuzcas donde abunda el yoduro de europio (III).





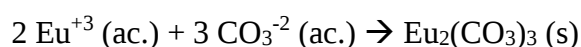
El color verde de las imágenes anteriores se degradó de forma muy rápida al quedar en contacto con la atmósfera. Aparecieron tonos de color marrón, probablemente por la formación de hidróxidos de europio (II), así como oxiyoduros, hidroxicarbonatos o carbonatos de europio (III) hidratado, pues estos compuestos absorben el  $\text{CO}_2$  atmosférico con gran facilidad.



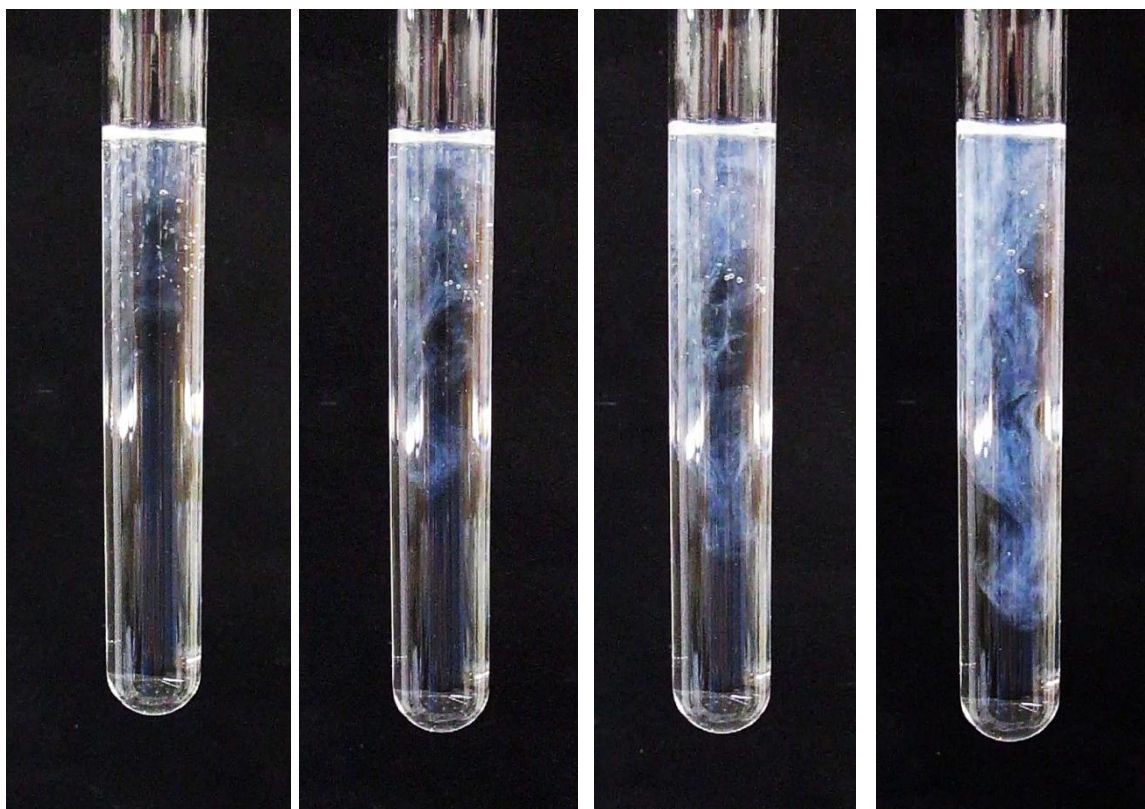
## J) CARBONATO DE EUROPIO (III)

El carbonato de europio (III) es un compuesto insoluble de color blanco y brillo sedoso, que se ve bien en el precipitado seco, que precipita con un número indeterminado de moléculas de agua<sup>60</sup>. La formación del  $\text{Eu}_2(\text{CO}_3)_3$  se logra sin dificultades añadiendo gotas de la disolución ácida de  $\text{Eu}^{+3}$  sobre una disolución saturada de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en agua destilada<sup>61</sup>. Como el  $\text{CO}_3^{-2}$  es una base, reaccionará con el ácido de la disolución de partida y se producirá la emisión de  $\text{CO}_2$  en gran cantidad, por lo que hay que hacerlo poco a poco para que no se desborde el tubo de ensayo a causa de la reacción de neutralización.

La reacción de precipitación del  $\text{Eu}_2(\text{CO}_3)_3$ , sin considerar la hidratación del metal en su esfera de coordinación, es la siguiente:

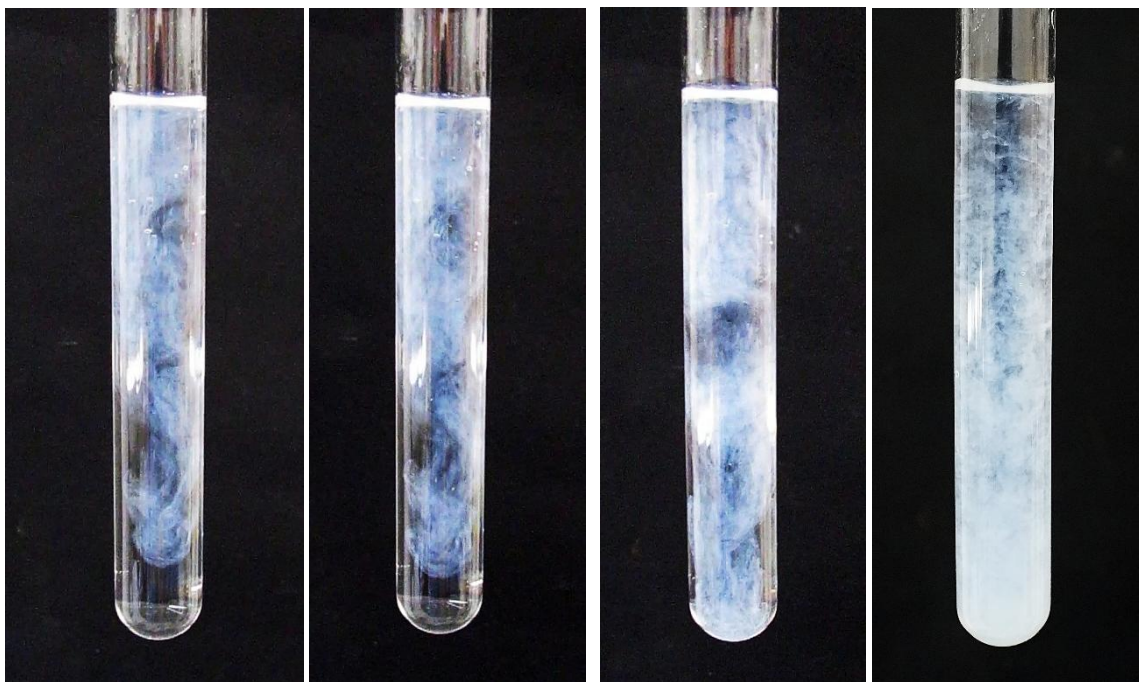


El precipitado aparece en forma de grumos densos y gelatinosos que caen al fondo por gravedad rápidamente, teniendo en cuenta la alta concentración de los dos reactivos. Aquí vemos la serie correspondiente a la precipitación en el tubo de ensayo al añadir unas gotas de la disolución de  $\text{Eu}^{+3}$  sobre la disolución concentrada de carbonato de sodio.



<sup>60</sup> Perry, D.L., op.cit. P. 167.

<sup>61</sup> Para ver los compuestos análogos de holmio y erbio: Song, L., Rongjun, M. (2007). Synthesis and Characterization of Hydrated Holmium and Erbium Carbonates. Asian Journal of Chemistry, 19, 3, pp: 1883-1887.



En el vidrio de reloj vemos cómo reacciona el  $\text{Eu}^{+3}$  añadido sobre una disolución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para formar el  $\text{Eu}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .





Y una vez seco, se puede ver perfectamente su color y los visos nacarados tan habituales de los carbonatos.



## K) OBTENCIÓN DEL SULFURO DE EUROPIO (II)

El sulfuro de europio (II) se describe como un polvo de color negro<sup>62</sup>, particularmente como sólido amorfo. En esa misma referencia también se indica la posibilidad de que haya otros sulfuros con el europio trivalente, como el compuesto negro de valencias mixtas  $\text{Eu}_3\text{S}_4$ , el compuesto no estequiométrico  $\text{Eu}_2\text{S}_{3.81}$  o el  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$  de color rosa, que se forma en presencia de oxígeno. De la misma manera que ocurría con otros sulfuros de los lantánidos, la síntesis real del compuesto puro queda lejos de nuestro alcance y lo único que podemos pretender es observar al menos la formación de un compuesto inestable, probablemente no estequiométrico entre el  $\text{S}^{-2}$  y el  $\text{Eu}^{+3}$ , sobre todo en condiciones acuosas.

### a) Poniendo en contacto el $\text{Eu}^{+3}$ con $\text{Na}_2\text{S}$

En este caso, no he observado la aparición del halo oscuro correspondiente al sulfuro del metal, con tanta nitidez como en otros casos. El halo de sulfuro, de color gris oscuro, se forma a medida que el pH de la disolución va subiendo, pero el sulfuro que se forma localmente se disuelve de nuevo, apenas permaneciendo brevemente. A medida que se disuelve el sulfuro de sodio, el  $\text{S}^{-2}$  se libera en gran parte como  $\text{H}_2\text{S}$  gaseoso (lo que es perfectamente perceptible, y obliga a hacer la reacción en vitrina) pero a la vez va formando un precipitado gris que va intensificando su color a medida que transcurren los minutos. El cerco gris oscuro que se va formando alrededor de la escama de  $\text{Na}_2\text{S}$  tiene que tratarse de un sulfuro de europio (II) o un  $\text{Eu}_2\text{S}_3$  no estequiométrico. Además, la escama parece estar rodeada de un compuesto blancuzco que presenta la mayor fluorescencia en el visible que he visto nunca, probablemente  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$  amorfo, que es insoluble y de color rosado<sup>63</sup>, o de mezclas complejas de estos compuestos. Con el tiempo, estos colores van desapareciendo, dejando un precipitado blanco, con franjas verdosas y amarillentas, que se corresponde con  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  más o menos hidratado así como  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$  amorfo, rodeando los puntos donde estaban las escamas de  $\text{Na}_2\text{S}$ .

A medida que el pH va subiendo por la emisión de  $\text{H}_2\text{S}$  aumenta la posibilidad de que vaya precipitando el sulfuro de europio alrededor de la escama de  $\text{Na}_2\text{S}$  que se deshace. No obstante, la composición concreta del precipitado es difícil de conocer, a causa de su inestabilidad, sobre todo sabiendo que pueden existir sulfuros de europio no estequiométricos. Los sulfuros de lantánidos, no estequiométricos, así como los oxisulfuros de los lantánidos, son compuestos conocidos, que pueden aparecer de forma paralela al sulfuro estequiométrico según algunas investigaciones. Por ello, identificar de forma precisa lo que sucede en este experimento es difícil, sobre todo en un laboratorio como el nuestro. En este sentido hay muchos ejemplos donde pueden formarse  $\text{LnS}$ ,  $\text{Ln}_2\text{S}_3$  y  $\text{Ln}_2\text{O}_2\text{S}$ , aunque las condiciones de síntesis de las referencias sean diferentes y verdaderamente controladas, no como aquí sucede. En particular, las síntesis de

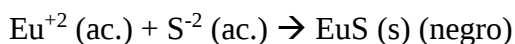
<sup>62</sup> Samsonov, G.V., Radzikovskaya, S.V. (1961). The Chemistry of Rare-Earth and Actinide sulphides. Russian Chemical Reviews, 30,1,pp: 28-41. p. 32.

<sup>63</sup> Idem.

oxisulfuros que he leído se han llevado a cabo a temperaturas altas y no a temperatura ambiente y en medio acuoso<sup>64</sup>. Una cuestión de interés es que, de haberse formado EuS, hay una reducción del  $\text{Eu}^{+3}$  de la disolución de partida a  $\text{Eu}^{+2}$ , pero no parece haber un candidato indiscutible que haya actuado como reductor, aunque los sulfuros (polisulfuros) en medios ácidos, podrían oxidarse a azufre elemental, que quedaría como una sustancia blanquecina<sup>65</sup>.

A lo largo de todo el proceso el pH permanece ácido en la periferia, aunque al final, pasadas unas horas, el pH se acerca a la neutralidad, tras haber añadido varias escamas de  $\text{Na}_2\text{S}$ . Es probable que el “EuS” formado se descomponga en el ácido que domina el medio y que el sulfuro se vaya eliminando lentamente a la atmósfera en forma de  $\text{H}_2\text{S}$ , lo que provoca una paulatina subida del pH y la posible precipitación del  $\text{Eu}^{+3}/\text{Eu}^{+2}$  en forma de hidróxido a lo largo del tiempo, algo que se acomoda bien con el color final observado. A medida que transcurre la reacción y se va evaporando el líquido, aparecen franjas amarillas y verdes entre la masa gelatinosa de color blanco, que podría tratarse de mezclas heterogéneas de  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  (blanco),  $\text{Eu}(\text{OH})_2$  (amarillo/verdoso),  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$  (blanco/rosado) y azufre elemental (blanco/amarillo).

La síntesis descriptiva propuesta tampoco es extraña, ya que una forma habitual de preparar los sulfuros de los lantánidos consiste en someter el catión trivalente al  $\text{H}_2\text{S}$  (g) para formar el sulfuro estequiométrico correspondiente<sup>66</sup>. Considerando una reducción del  $\text{Eu}^{+3}$  a  $\text{Eu}^{+2}$  por el sulfuro presente, pasando a azufre elemental o al anión bisulfuro, tendríamos:



Esta vía de formación fugaz del sulfuro de europio (II) es inapropiada para síntesis, debido a la hidrólisis del agua presente<sup>67</sup> y, al contrario que otras veces, ni siquiera nos permite hacernos una idea del color negro resultante, que aquí se aprecia gris oscuro, en cantidades ínfimas.

Aquí vemos las fotografías del proceso de formación del “EuS” donde sobre la disolución de europio en ácido nítrico he puesto una escama de sulfuro de sodio para ver qué cambios se producen alrededor de la misma. La concentración del  $\text{Eu}^{+3}$  de partida quedó tras la dilución en unos 0.05M. Con dos escamas de sulfuro de sodio comienza la precipitación del metal en forma de sustancia oscura.

<sup>64</sup> Tran, N.B. (2020). Synthesis of rare-earth monosulfide  $\text{RESx}$  (RE = Gd, Ho) compacts by reaction sintering. Tesis, Instituto Muroran de Tecnología, Japón. (Con holmio en vez de europio).

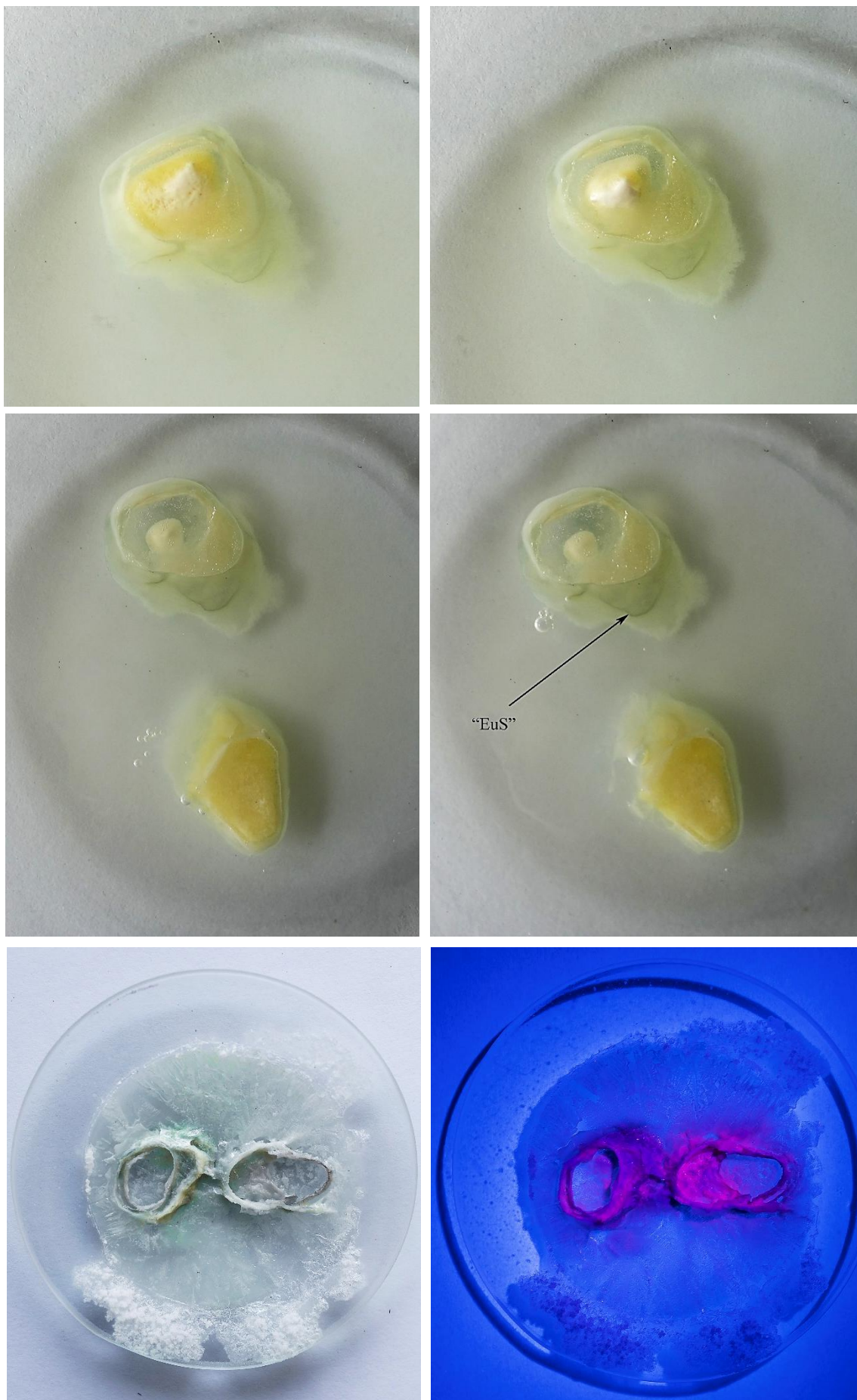
Cf. Marin, C. (2016). Synthesis and Applications of Lanthanide Sulfides and Oxides. Student Research Projects, Dissertations, and Theses - Chemistry Department. 71.

Cf. Suponitskii, Yu.L., Kuz'micheva, G.M., Eliseev, A.A. (1988). Lanthanide Oxide sulphides. Russian Chemical Reviews, 57, 3, pp: 367-384.

<sup>65</sup> Burriel, F. Op. cit. p. 878.

<sup>66</sup> Cotton, S. (2006). op.cit. p. 32.

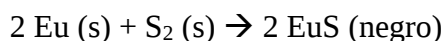
<sup>67</sup> Moeller, T. Op.cit. p. 92



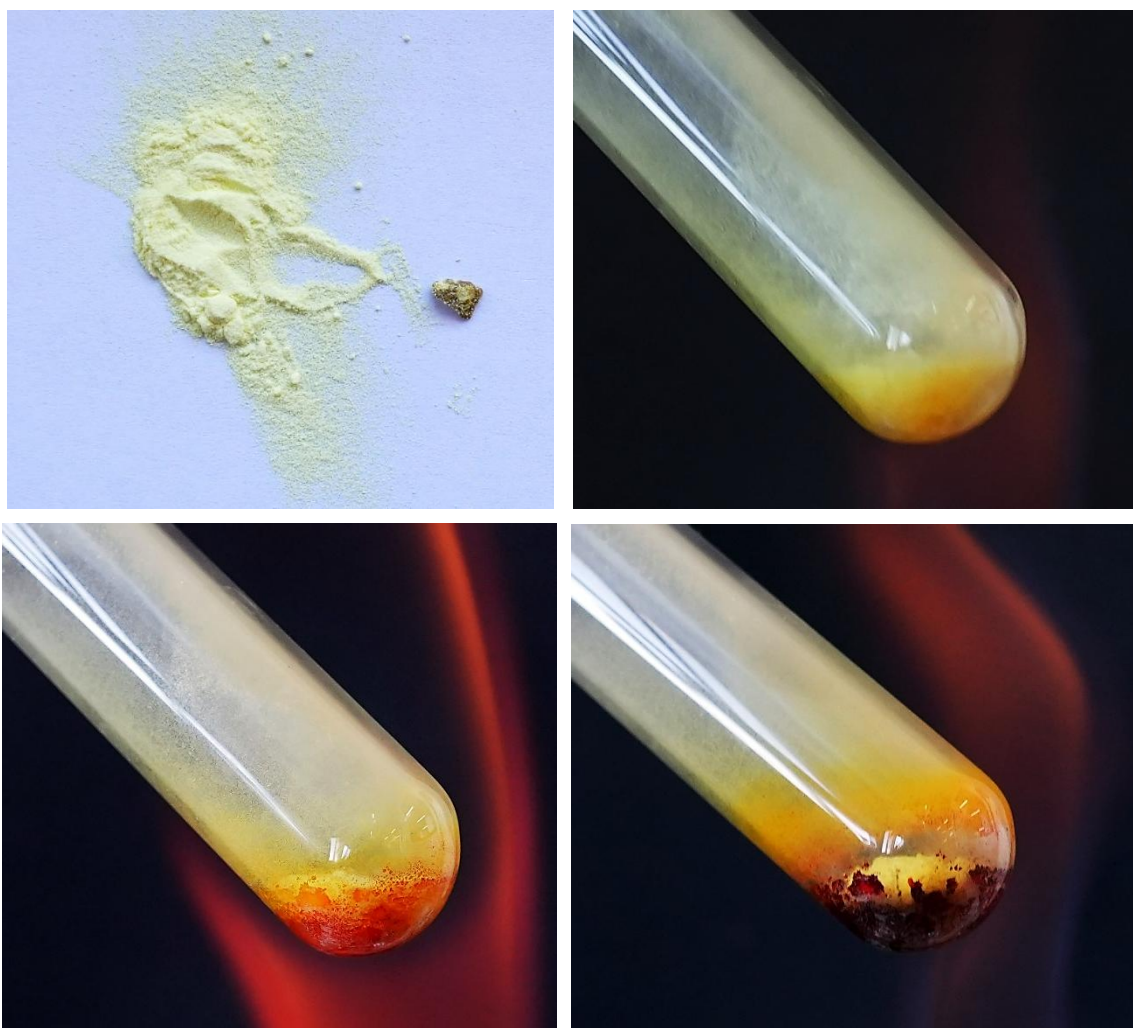
*b) Por calentamiento de los dos elementos*

He llevado a cabo la reacción entre ambos elementos en un tubo de ensayo obstruido por un tapón de papel para dificultar la entrada de oxígeno. He empleado un trozo de europio macizo de 0.2g, sin limaduras, mezclado con polvo de azufre ligeramente en exceso sobre la cantidad estequiométrica. La reacción se produce bien, y no tarda en aparecer un polvo negro, que recubre el trozo del metal, formando EuS. He calentado a la llama del mechero de alcohol durante unos 20 minutos. Gracias al vidrio del tubo de ensayo, se aprecia perfectamente cómo el exceso el azufre se evapora, condensando más arriba en el tubo, por lo que el compuesto que queda en el fondo no es azufre oscurecido. El producto obtenido es una costra de color negro que rodea el núcleo de metal, mientras que alrededor todo parece impregnado de un polvo negro.

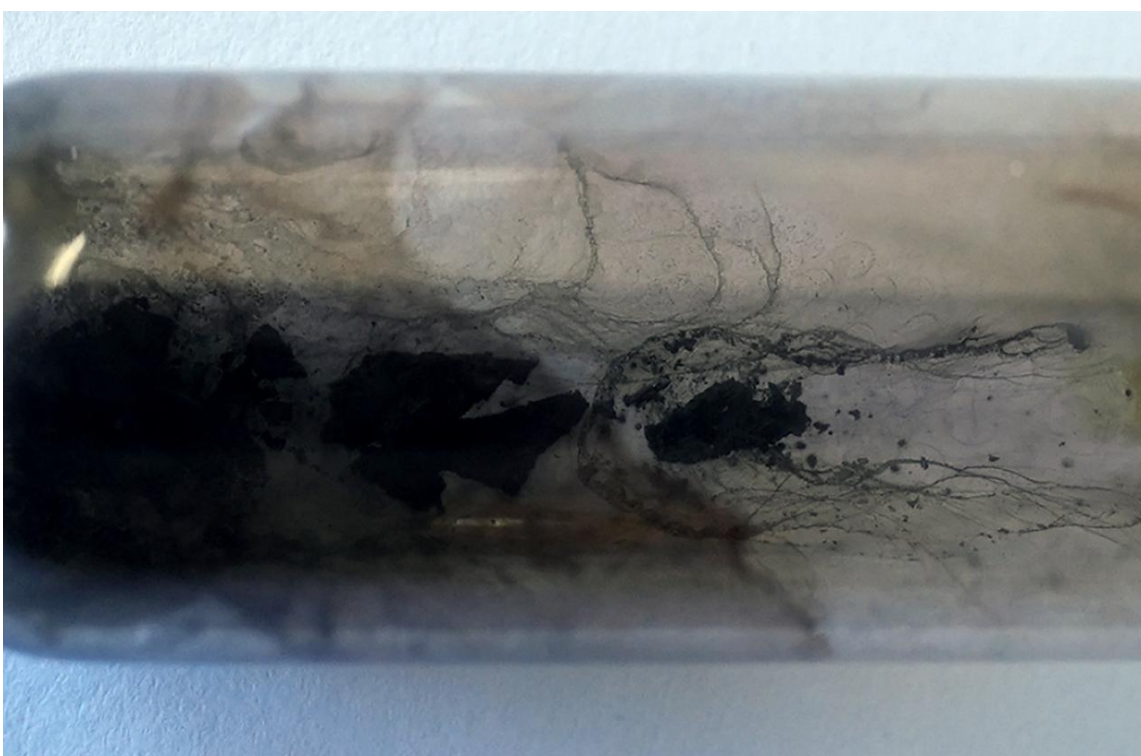
Las reacciones asociadas correspondientes serían<sup>68</sup>:



Vemos las imágenes del proceso, llevado a cabo en la campana de extracción.



<sup>68</sup> Moeller, T. op.cit. p. 90.



## L) FOSFATO DE EUROPIO

El fosfato de europio (III) es un compuesto cristalino de color blanco<sup>69</sup>. Para precipitar el fosfato de europio (III) voy a añadir unas gotas de disolución de  $\text{Eu}^{+3}$  en ácido nítrico sobre una disolución concentrada de  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Aunque pueda protonarse el fosfato y formar especies hidrogenadas, la mayor parte del precipitado será  $\text{EuPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , hidratado con un número variable de moléculas de agua<sup>70</sup>. Su producto de solubilidad a 25°C presenta un valor<sup>71</sup> de  $10^{-24.4}$  por lo que precipitará inmediatamente, aunque dependiendo del pH haya que tener en cuenta la existencia de equilibrios complejos donde podemos encontrar especies en disolución del tipo  $[\text{EuH}_2\text{PO}_4]^{+2}$ ,  $[\text{EuHPO}_4]^{+1}$ ,  $[\text{Eu}(\text{HPO}_4)_2]^{-1}$  e incluso  $\text{EuPO}_4$  sin precipitar. La insolubilidad de los fosfatos de las tierras raras es muy alta y permanecen insolubles en amplios rangos de pH, como es el caso de 3-13 para el lantano<sup>72</sup>, no siendo muy diferente para el resto de metales<sup>73</sup>.

La reacción de precipitación principal será:



Vemos algunas imágenes de la formación del fosfato de europio (III) obtenido al añadir unas gotas de disolución ácida de  $\text{Eu}^{+3}$  sobre una disolución de fosfato de sodio en un tubo de ensayo:



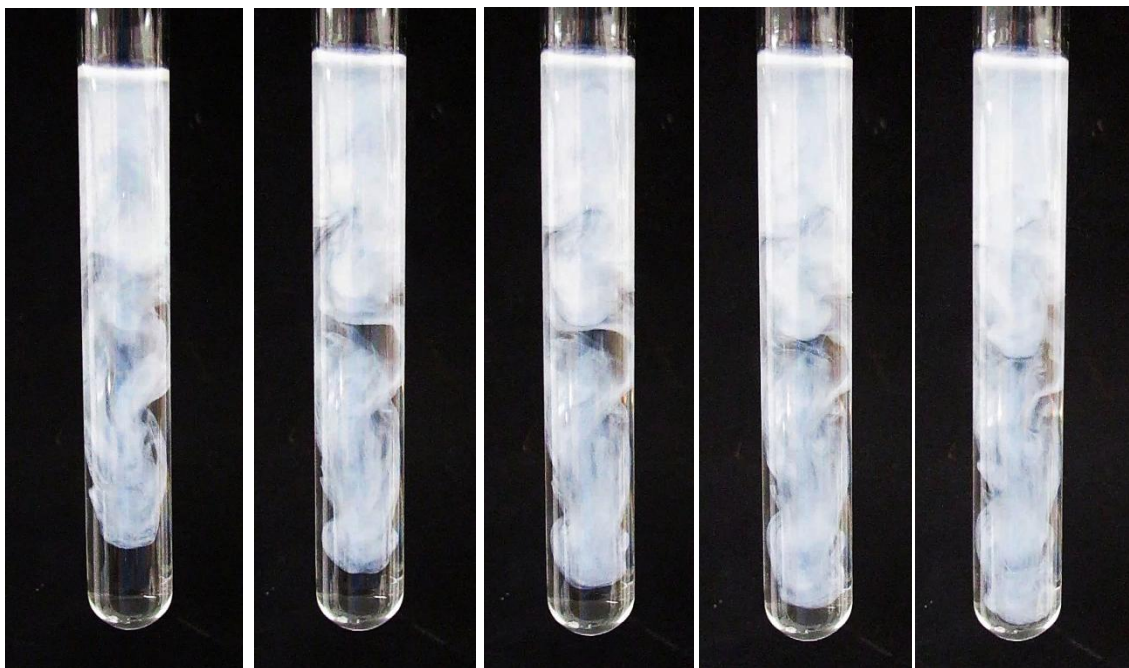
<sup>69</sup> <https://prochemonline.com/product/europiumphosphate-1792> (Visitado el 13/09/2025)

<sup>70</sup> <https://www.fishersci.ie/shop/products/europium-iii-phosphate-hydrate-99-9-reo-thermo-scientific/11364987> (Visitado el 13/09/2025)

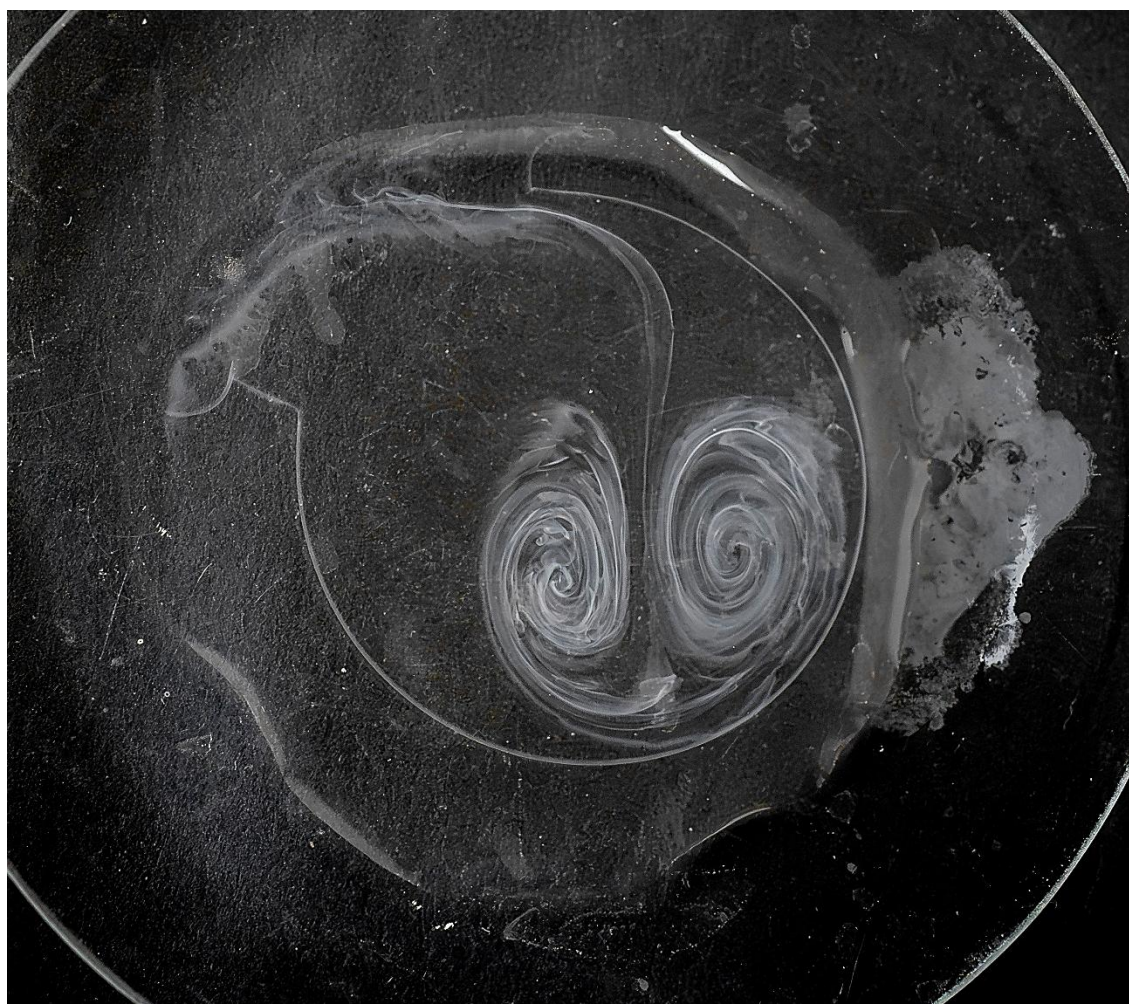
<sup>71</sup> Spahiu, K., Bruno, J. (1995). A selected thermodynamic database for REE to be used in HLNW performance assessment exercises. SKB-TR--95-35. Suecia. p. 26.

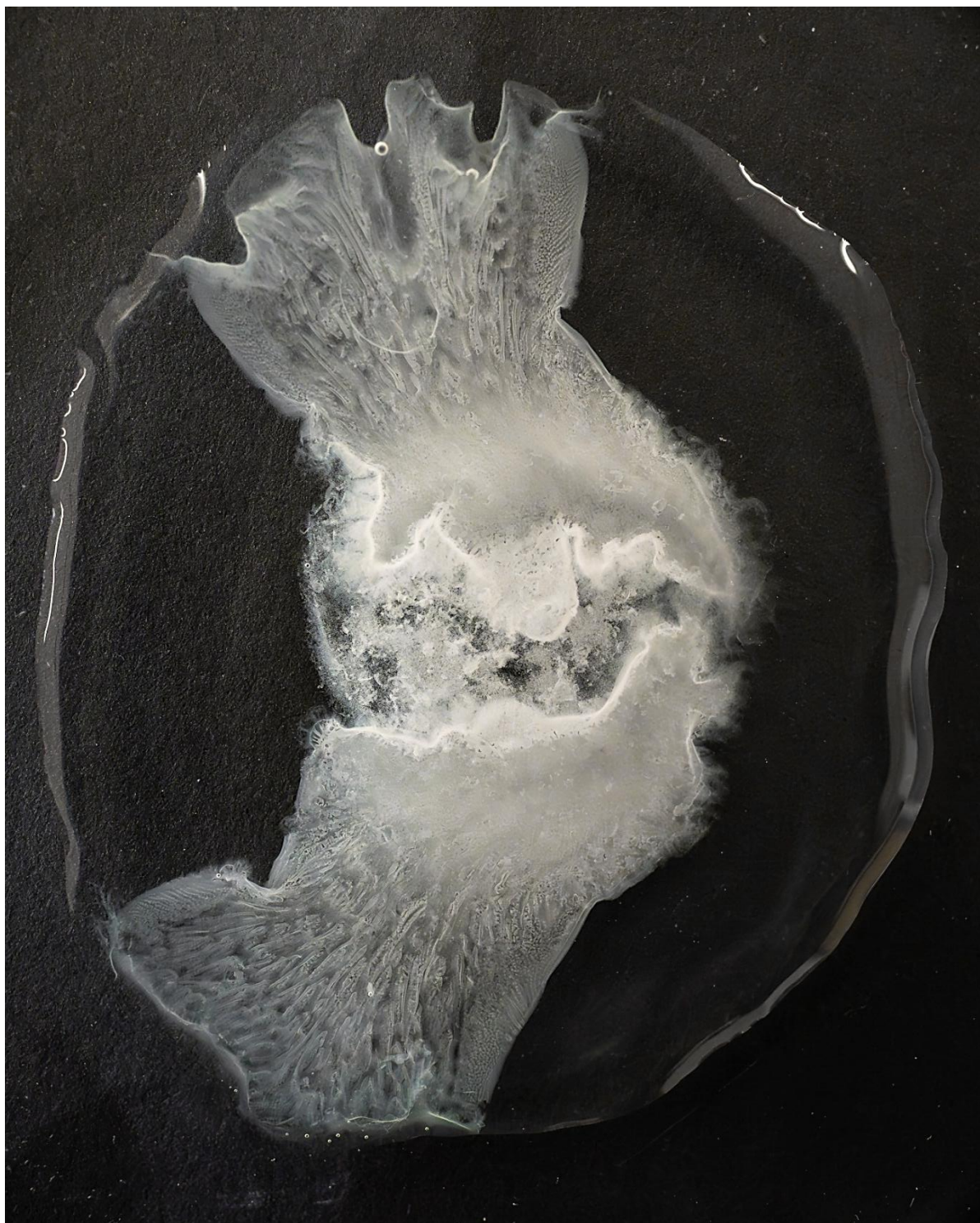
<sup>72</sup> Zhi, Y. et al. (2020). Emerging lanthanum (III)-containing materials for phosphate removal from water: A review towards future developments. Environment International, 145, 106115, p.6.

<sup>73</sup> Gysi, A., Harlov, D. (2021). Hydrothermal solubility of  $\text{TbPO}_4$ ,  $\text{HoPO}_4$ ,  $\text{TmPO}_4$ , and  $\text{LuPO}_4$  xenotime endmembers at pH of 2 and temperatures between 100 and 250 °C. Chemical Geology, 567, 120072.



Vemos ahora el resultado cuando lo hacemos sobre un vidrio de reloj:





Es evidente que en ninguna de las disoluciones anteriores estamos en condiciones de equilibrio y que la precipitación de los fosfatos e hidrogenofosfatos se basa en que la insolubilidad de estas sales es muy grande. En este caso, el pH de la disolución comenzó siendo básico (al ser una disolución de  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  en agua) pero fue disminuyendo a medida que añadía las gotas de ácido con el metal disuelto. Las especies estables del ácido

fosfórico en equilibrio<sup>74</sup> son las especies parcialmente protonadas  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$  y  $\text{HPO}_4^{-2}$ , formadas a partir del  $\text{PO}_4^{-3}$ , por lo que se espera que el precipitado del ensayo del  $\text{EuPO}_4$  contenga también una cierta cantidad de  $\text{Eu}_2(\text{HPO}_4)_3$  y de  $\text{Eu}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ .

Aquí tenemos el precipitado del tubo de ensayo, una vez decantado y seco.



### M) LUMINISCENCIA DEL EUROPIO (III)

En este apartado, al igual que en gran parte del resto del artículo, mantengo el contenido del artículo correspondiente al erbio por ser perfectamente válido. Casi todos los lantánidos en su estado de oxidación +3, con excepción<sup>75</sup> del  $\text{La}^{+3}$  ( $f^0$ ) y del  $\text{Lu}^{+3}$  ( $f^{14}$ ) presentan luminiscencia con la luz ultravioleta, particularmente destacable en los casos del  $\text{Eu}^{+3}$  y del  $\text{Tb}^{+3}$ , pero que a baja temperatura puede observarse en prácticamente todos los lantánidos. Esta fluorescencia se debe a transiciones 4f-4f, como es de esperar<sup>76</sup>, al ver que sólo está ausente en los cationes con  $f^0$  y  $f^{14}$ . En el caso particular del  $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_8]^{+3}$  aparece fluorescencia visible en el rojo<sup>77</sup>, como hemos visto en la sección destinada a

<sup>74</sup> Han, K. (2020). Characteristics of Precipitation of Rare Earth Elements with Various Precipitants. Minerals, 10, 178. Op.cit. p. 2.

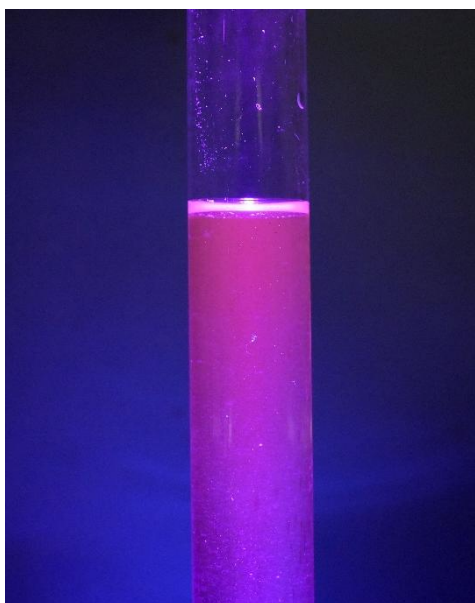
<sup>75</sup> Shriver, D.F., Atkins, P. (2006). Inorganic Chemistry. Oxford, UK: Oxford University press, p.578.

<sup>76</sup> Housecroft, C.E., Sharpe, A.G. op.cit. p. 746.

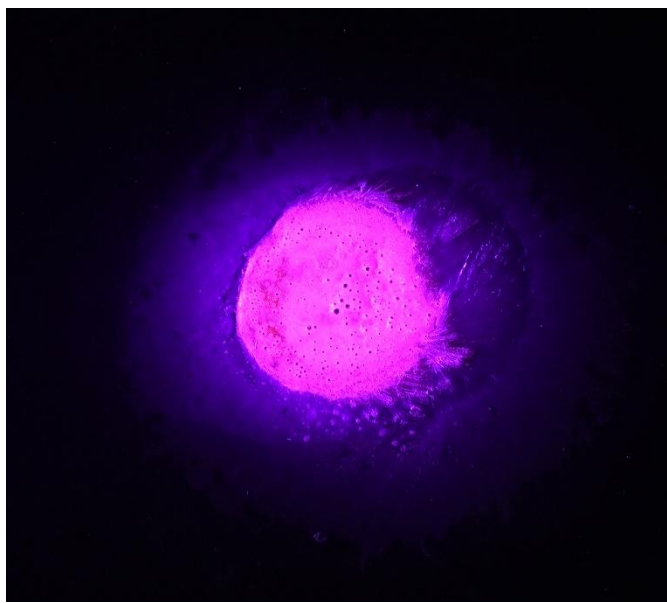
<sup>77</sup> Tanaka, F., Yamashita, S. (1984). Luminescence lifetimes of aqueous europium chloride, nitrate, sulfate, and perchlorate solutions. Studies on the nature of the inner coordination sphere of europium(III) ion. Inorganic Chemistry, 22, 14, pp: 2044-2026.

analizar el acuocomplejo del metal, aunque no muy intensa a causa de la atenuación del agua atenúa cualquier emisión de luminiscencia<sup>78</sup>. En el resto de compuestos aparece también emisión en el rango del visible, sobre todo cuando hay pérdida de agua. No obstante, de entre todos ellos, el compuesto que presenta una luminiscencia exagerada, semejante a la de cualquier compuesto fluorescente de tipo orgánico, es la mezcla de sulfuro de europio (II) con oxisulfuros e hidróxidos. El nitrato de europio (III) y el oxalato de europio (III) también tienen una fluorescencia muy intensa. Curiosamente, el  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  no parecía fluorescer de forma reseñable.

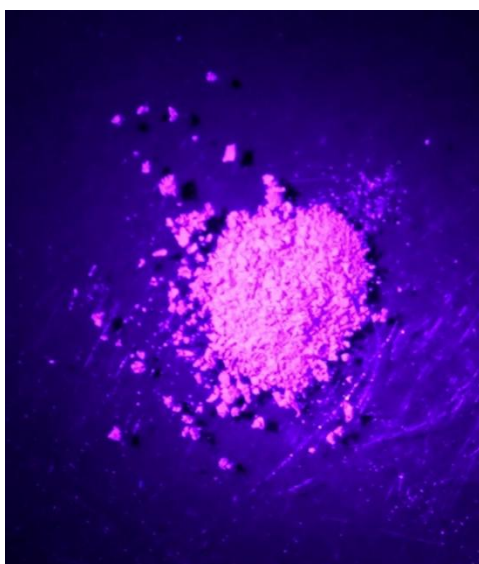
Vemos algunas de las imágenes de los compuestos del europio:



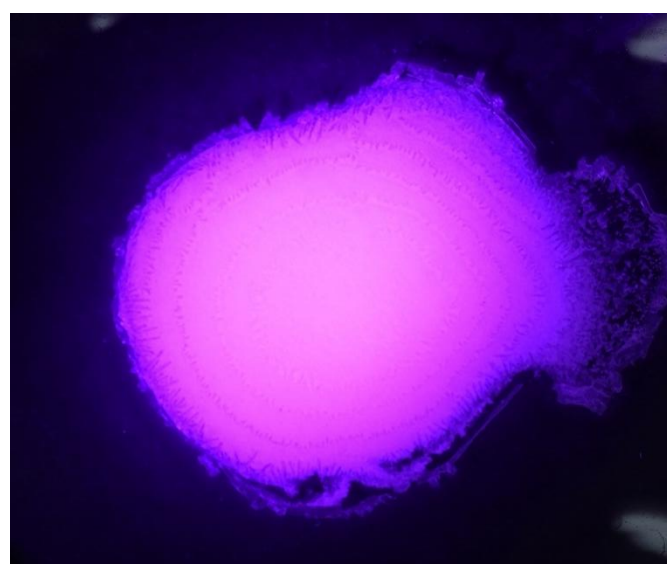
$[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_8]^{+3}$



Nitrato de europio (III)

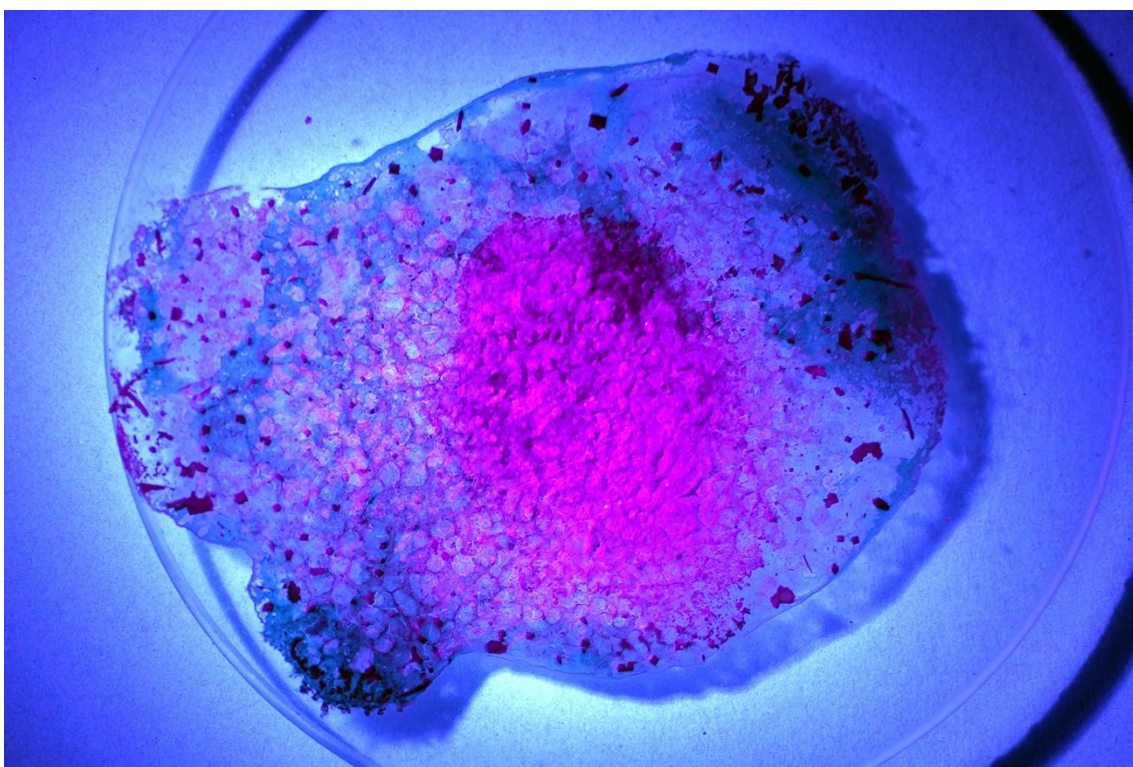


Óxido de europio (III)

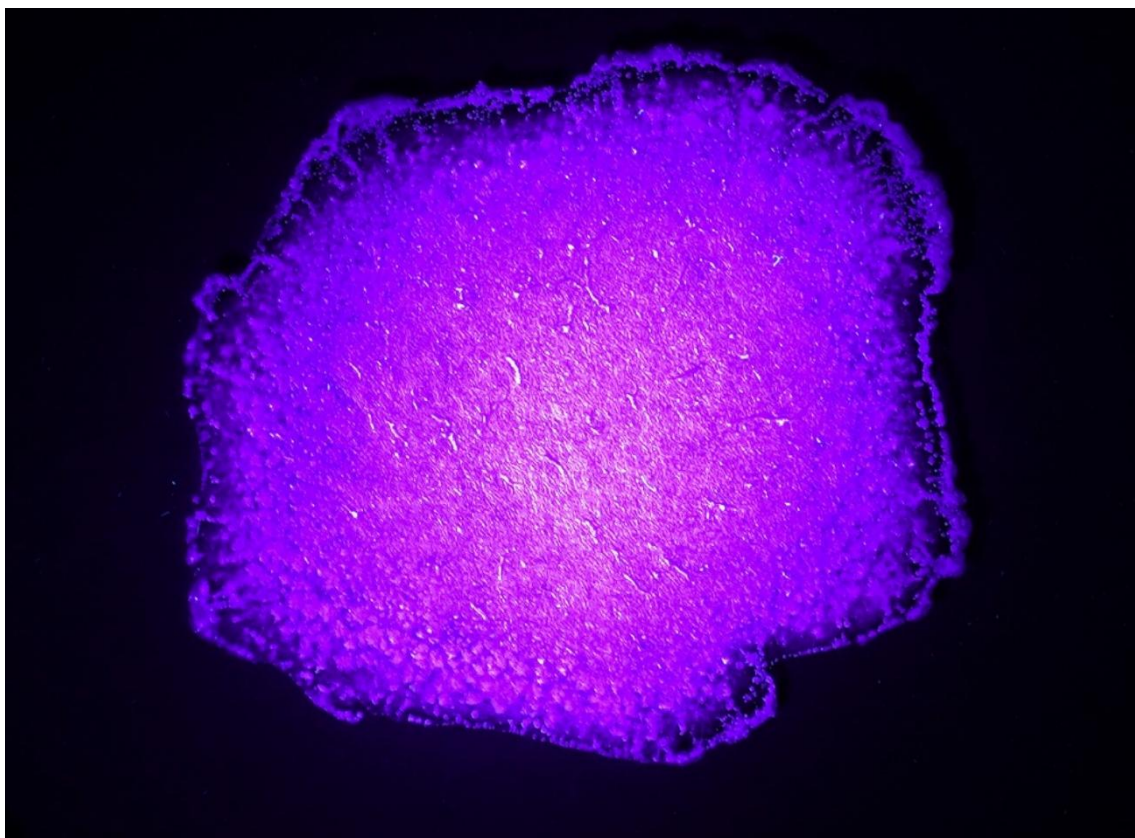


Oxalato de europio (III)

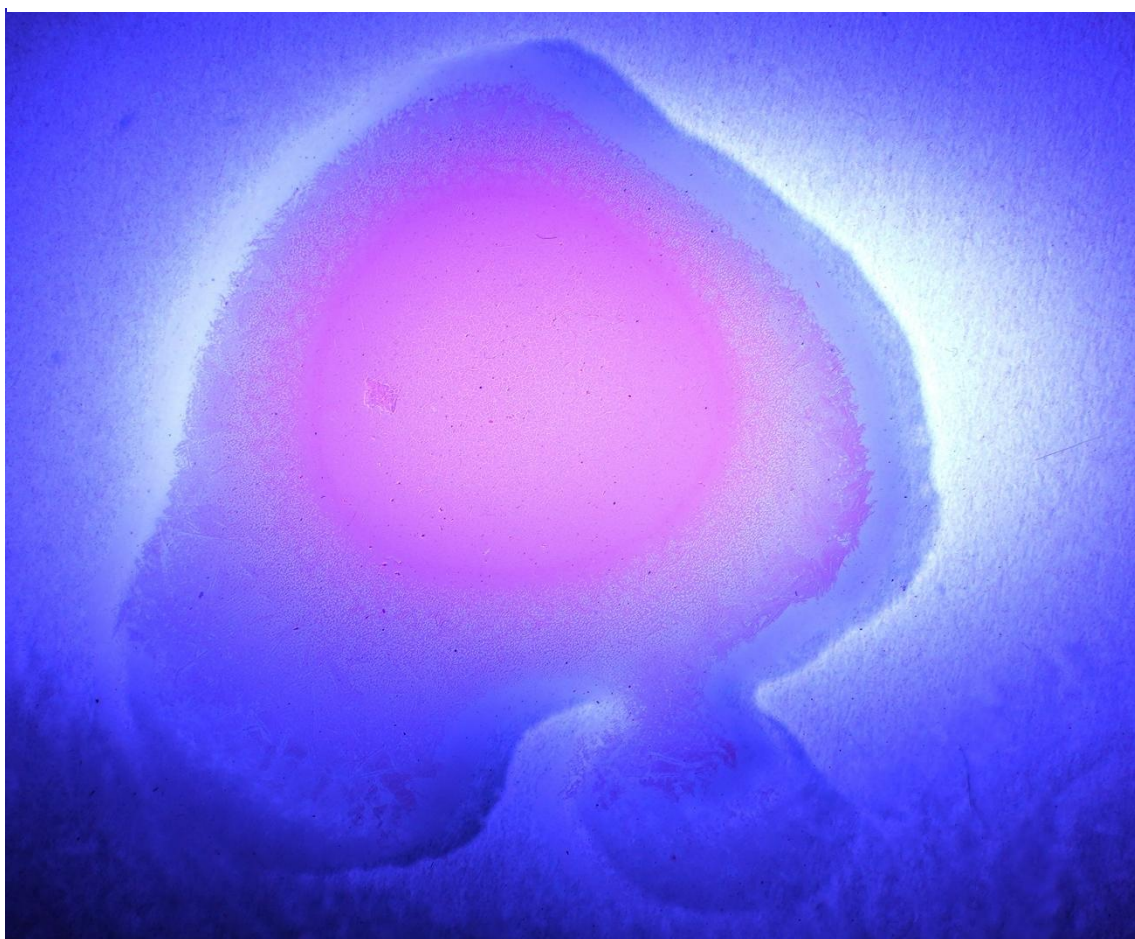
<sup>78</sup> Hasegawa, M., Ohmagari, H., Tanaka, H., Machida, K. (2022). Luminescence of lanthanide complexes: From fundamental to prospective approaches related to water- and molecular-stimuli. *Journal of Photochemistry & Photobiology, C*, 50, 100484.



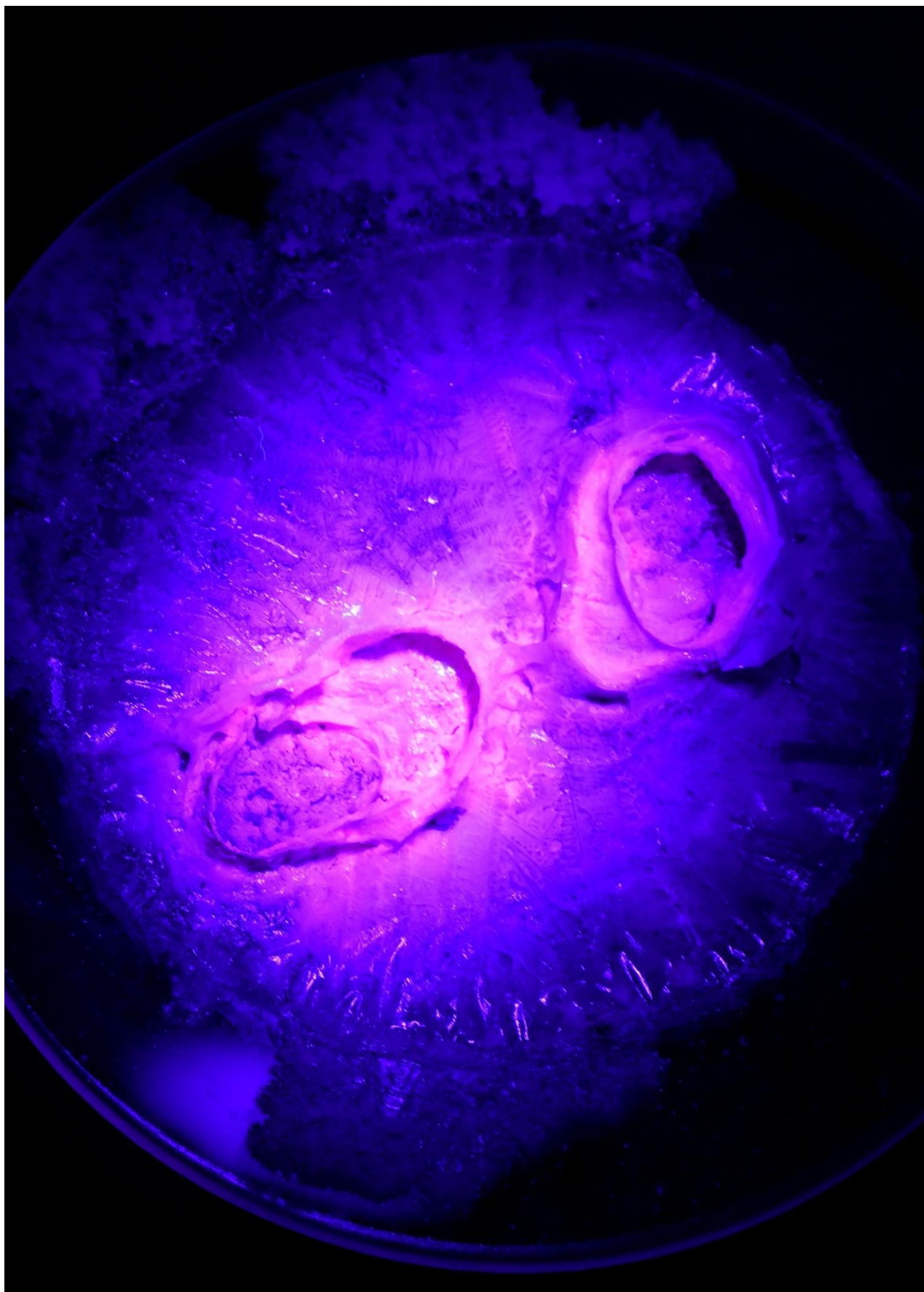
Ambos casos de hidróxido de europio (III)



Carbonato de europio (III)



Fosfato de europio (III)

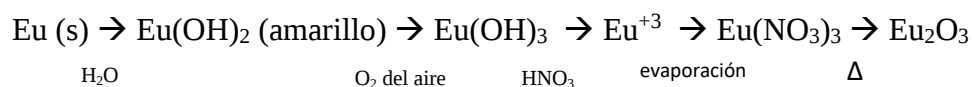


Mezclas con sulfuro de europio (II)

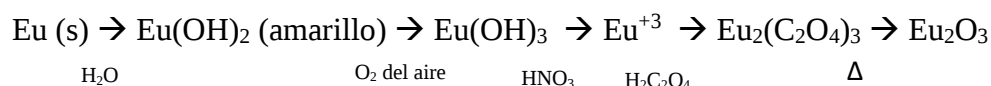
## CONCLUSIONES

El europio es uno de los lantánidos más interesantes con los que trabajar en un laboratorio, a pesar de que sus compuestos sean blancos, por lo general, dado que el tono rosado sólo se aprecia en forma de visos, y sólo cuando el compuesto se adensa. Por otra parte, más que rosado, aparece una tonalidad beige clara en algunos de los compuestos, cuyos reflejos sí son de color rosa, pero no lo suficiente como para que se convierta en un aliciente. Sin embargo, la reacción del metal con agua es tan interesante, repentina, y genera un hidróxido tan voluminoso y amarillo, que resulta de gran espectacularidad, lo que facilita que el alumnado atienda y comprenda por qué se produce. El acuocomplejo, al no presentar color alguno (porque para ver el tono rosa pálido, habría que tener concentraciones bastante altas), no presenta un interés académico, como sí lo tendría uno coloreado, aunque su fluorescencia roja es todo un argumento en favor de su empleo en los laboratorios.

Al margen de ello, la formación del nitrato y del sulfato de europio (III) no presentan interés particular, aunque el sulfato precipita directamente, lo que supone una posibilidad a la hora de interpretar equilibrios de precipitación. En cambio, el nitrato, soluble como todos los nitratos, tiene la ventaja de que su fluorescencia es de las más acusadas, y brilla muchísimo bajo la luz negra. Si aprovechamos el nitrato de europio (III) para obtener el óxido del metal trivalente, tenemos la típica cadena de reacciones que tantas veces he elegido como guía para las prácticas.



Paralelamente, la reacción de precipitación con el ácido oxálico, a través de la que se obtiene el  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  de color blanco, constituye otra cadena semejante, pero con el interés añadido de la gran fluorescencia del oxalato de europio (III).



Como suele ocurrir, el resto de las reacciones de precipitación no resultan tan atractivas. La precipitación del fosfato de europio (III) no aporta nada nuevo, ni la precipitación del carbonato de europio (III) que, no obstante, tiene la ventaja de la efusividad de la reacción ácido-base, dado que añadimos una disolución ácida sobre la disolución del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , con la consecuente emisión masiva de  $\text{CO}_2$  gaseoso, así como la belleza que suelen tener las precipitaciones de carbonatos en el vidrio de reloj.

Visualmente permite explicar los cambios químicos que se derivan de la reacción ácido-base subyacente, con la posterior reacción de precipitación.

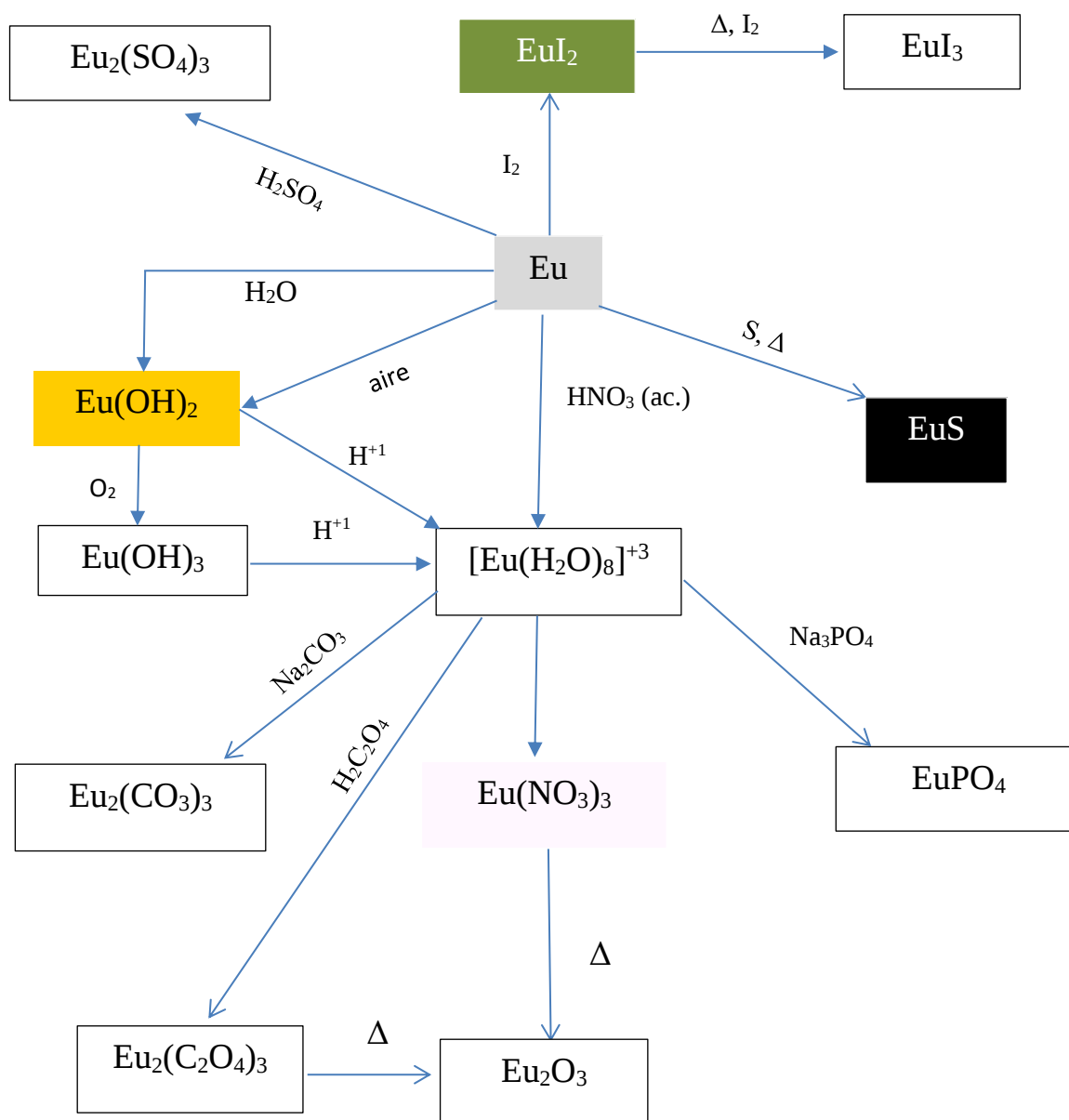
La reacción entre el yodo y el europio es muy vigorosa, y su espectacularidad radica precisamente en la emisión de luz que se produce dentro del tubo, al reaccionar ambos elementos. En este caso se obtienen combinaciones de los dos yoduros, y el color verde intenso se diferencia bien del blanco, por lo que ambos yoduros ( $\text{EuI}_2$  y  $\text{EuI}_3$ ) son fácilmente discernibles. Como experiencia de cátedra es muy atractiva.

La reacción de síntesis del  $\text{EuS}$  por calentamiento de azufre y europio en un tubo de ensayo ha sido muy interesante, y al final se constata la aparición del sulfuro de color negro. Es cierto que el color no es muy atrayente, pero el procedimiento en sí es muy educativo, aunque es indispensable que la campana donde se lleve a cabo el experimento absorba por completo los gases que se liberan, ya que los óxidos de azufre que se producen de forma paralela pueden convertir el laboratorio en una sala con aire irrespirable.

De entre todos los lantánidos con los que he trabajado hasta ahora, el europio es el que posee una fluorescencia más intensa y llamativa. El color rojo que devuelve la disolución del acuocomplejo es muy evidente, recordando al del samario, aunque más intenso a pesar de la baja concentración con la que he trabajado. Además, la fluorescencia del  $\text{Eu}(\text{OH})_3$  es intensa, así como la del nitrato y la del oxalato de europio (III), tan evidentes, que uno no puede errar, como sucedió con algunos otros lantánidos, donde confundía el reflejo de la luz de la lámpara ultravioleta con la fluorescencia del metal, que se producía sin dudas, pero en los rangos no visibles del espectro. Aquí no cabe la duda, sobre todo en el resultado del sulfuro de europio (II) obtenido a partir de la adición de escamas de sulfuro de sodio a una disolución ácida de  $\text{Eu}^{+3}$ . A pesar de lo poco ortodoxo del experimento, y de la peligrosidad del  $\text{H}_2\text{S}$  que se desprende y obliga a realizar el experimento en campana de extracción, el resultado del mismo —mezcla de hidróxidos, de oxisulfuros, polisulfuros y algo de sulfuro de europio (II)—, tiene una fluorescencia que me ha impresionado, emitiendo una luz rosa semejante a la del típico subrayador fluorescente de color rosa. En este sentido, aprovechar el europio para explicar los procesos de fluorescencia, diferenciándolos de los correspondientes a la fosforescencia, merece la pena. Por otra parte, es un metal de gran utilidad actual para construir las pantallas de televisión, gracias precisamente a la emisión en el rojo de algunos de sus compuestos, por lo que podemos ampliar los contenidos de la práctica, de manera que el alumnado profundice en estos aspectos tecnológicos que quedan en la periferia de nuestro campo.

Al mismo tiempo, y según los estudios llevados a cabo hasta el momento, una ventaja que presenta el europio como lantánido, es su baja toxicidad, lo que le hace ser apropiado para ser utilizado en los laboratorios de Secundaria y Bachillerato.

Este es el cuadro final de las diferentes reacciones del europio que he usado en esta investigación básica:



## BIBLIOGRAFÍA

- Baernighausen, H. (1966). Lattice constants and space group of the isotypic compounds  $\text{Eu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , and  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . *Zeitschrift fuer Anorganische und Allgemeine Chemie*. 342, (5-6) pp:233-239.
- Barajas Forero, C.L., Traina, S.J. (2003). Estudio de la formación de hidróxidos de europio por medio de espectroscopía de fluorescencia. *Respuestas*, 8, 1, pp: 11-18.
- Berdonosov, S. S., Berdonosova, D. G., & Prokof'ev, M. A. (1976). Study of decahydrate europium oxalate. *Zh. neorg. khim.*, 21(5), 1184-1189.
- Brauer, G. (1975). *Handbuch der Präparativen Anorganischen Chemie in drei Bande. Volumen 1*. Stuttgart, Alemania: Ferdinand Enke.
- Burriel Martí, F., Lucena Conde, F., Arribas Jimeno, S., Hernández Méndez, J. (1992). *Química Analítica Cualitativa*. Madrid, España: Paraninfo.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G. (1990). *Química Orgánica Avanzada*. Méjico D.F., Méjico: Editorial Limusa.
- Cotton, S. (2005). Establishing coordination numbers for the lanthanides in simple complexes. *Comptes Rendus Chimie*, 8, 2, pp: 129-145.
- Cotton, S. (2006). *Lanthanide and Actinide Chemistry*. West Sussex, Gran Bretaña: John Wiley & Sons.
- Dong-Yong Chung, Eung-Ho Kim, Eil-Hee Lee, Jae-Hyung Yoo. (1998). Solubility of Rare Earth Oxalate in Oxalic and Nitric Acid Media. *Journal of Industria and Engineering Chemistry*, 4, 4, pp: 277-284.
- Emsley, J. (2003). *Nature's building blocks: an A-A guide to the elements*. Oxford, Gran Bretaña: Oxford University Press.
- Glasner, A., Levy, E., Steinberg, M. (1963). *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, 25, 11, pp: 1415-1422.
- Gupta, C.K., Krishnamurthy, N. (2004). *Extractive Metallurgy of Rare Earths*. CRC Press. Libro electrónico.
- Gysi, A., Harlov, D. (2021). Hydrothermal solubility of  $\text{TbPO}_4$ ,  $\text{HoPO}_4$ ,  $\text{TmPO}_4$ , and  $\text{LuPO}_4$  xenotime endmembers at pH of 2 and temperatures between 100 and 250 °C. *Chemical Geology*, 567, 120072.
- Haley, T. J. (1965). *Pharmacology and Toxicology of the Rare Earth Elements*. J. Pharm. Sc, 54.
- Han, K. (2020). Characteristics of Precipitation of Rare Earth Elements with Various Precipitants. *Minerals*, 10, 178.
- Hasegawa, M., Ohmagari, H., Tanaka, H., Machida, K. (2022). Luminiscence of lanthanides complexes: From fundamental to prospective approaches related to water- and molecular-stimuli. *Journal of Photochemistry & Photobiology, C: Photochemistry Reviews*, 50.
- Haynes, W.M. (2016–2017). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 97th edition. BocaRaton, EEUU: CRC Press.
- Housecroft, C.E., Sharpe, A.G. (2005). *Inorganic Chemistry*. Harlow, Gran Bretaña: Pearson.
- Judge, W.D., Ng, K.L., Moldoveanu, G.A., Kolliopoulos, G., Papangelakis, V.G., Azimi, G. (2023).
- Solubilities of heavy rare earth sulfates in water (gadolinium to lutetium) and  $\text{H}_2\text{SO}_4$  solutions (dysprosium). *Hydrometallurgy*, 218.

- Kyung Taek Rim, Kwon Ho Koo, Jung Sun Park. (2013). Toxicological Evaluations of Rare Earths and Their Health Impacts to Workers: A Literature Review. *Safety and Health at Work*, 4, 1, pp: 12-26.
- Marin, C. (2016). Synthesis and Applications of Lanthanide Sulfides and Oxides. Student Research Projects, Dissertations, and Theses - Chemistry Department. 71.
- Melnikov, P., Arkhangelsky, I.V., Nascimento, V., Silva de Olivera, L.C., Silva, A.F., Zandoni, L.Z. (2016). Thermal properties of europium nitrate hexahydrate  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 128, 3, pp: 1-6.
- Meyer, G. (1989). "The Ammonium Chloride Route to Anhydrous Rare Earth Chlorides—The Example of  $\text{YCl}_3$ ". En Harry R. Allcock *Inorganic Synthesis*, volume 25. Nueva York, EEUU: John Wiley & Sons.
- Min Li, et al. (2024). Determining toxicity of europium oxide nanoparticles in immune cell components and hematopoiesis in dominant organs in mice: Role of lysosomal fluid interaction. *Science of The Total Environment*, 937, 173482.
- Moeller, T. (1975). *The Chemistry of the Lanthanides*. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Nekrasov, B. V. (1973). *Osnovy obshchei khimii*, Vol. 2. Moskva: Khimiya.
- Perry, D.L. (2011). *Handbook of Inorganic Compounds*. Boca Raton, EEUU: CRC Press.
- Pyles, K.C. (1970). Studies of Rare Earth Acid Oxalates. Masters Theses. 4022 <https://thekeep.eiu.edu/theses/4022>.
- Samsonov, G.V., Radzikovskaya, S.V. (1961). The Chemistry of Rare-Earth and Actinide sulphides. *Russian Chemical Reviews*, 30, 1, pp: 28-41.
- Sharov, V.A., Bezdenezhnykh, G.V. (1981). Thermal Decomposition of Lanthanide, Yttrium, and Scandium Oxalates and Carbonates. *Russian Chemical Reviews*, 50, 7. pp: 630-635.
- Shriver, D.F., Atkins, P. (2006). *Inorganic Chemistry*. Oxford, UK: Oxford University press.
- Song, L., Rongjun, M. (2007). Synthesis and Characterization of Hydrated Holmium and Erbium Carbonates. *Asian Journal of Chemistry*, 19, 3, pp: 1883-1887.
- Spahiu, K., Bruno, J. (1995). A selected thermodynamic database for REE to be used in HLNW performance assessment exercises. SKB-TR--95-35. Suecia.
- Suponitskii, Yu.L., Kuz'micheva, G.M., Eliseev, A.A. (1988). Lanthanide Oxide sulphides. *Russian Chemical Reviews*, 57, 3, pp: 367-384.
- Tanaka, F., Yamashita, S. (1984). Luminescence lifetimes of aqueous europium chloride, nitrate, sulfate, and perchlorate solutions. Studies on the nature of the inner coordination sphere of europium(III) ion. *Inorganic Chemistry*, 22, 14, pp: 2044-2026.
- Tran, N.B. (2020). Synthesis of rare-earth monosulfide  $\text{RES}_x$  (RE = Gd, Ho) compacts by reaction sintering. Tesis, Instituto Muroran de Tecnología, Japón.
- Werner, D., Badea, D., Schönzart, J., Eimermacher, S., Bätz, P.; Wickleder, M.S., Zegke, M. (2022). Facile Solvent-Free Mechanochemical Synthesis of  $\text{UI}_3$  and Lanthanoid Iodides. *MDPI Chemistry*, 4, pp: 1672–1678. <https://doi.org/10.3390/chemistry4040108>.
- Xia Q, Liu H X, Yang X D, et al. (2012). The Neural Toxicity of Lanthanides: An Update and Interpretations. *Sci. China Chem.*, 42, 9.
- Zhi, Y. et al. (2020). Emerging lanthanum (III)-containing materials for phosphate removal from water: A review towards future developments. *Environment International*, 145, 106115.

## OTROS RECURSOS EMPLEADOS

### Fichas de compuestos químicos:

*Sobre el metal:*

The Editors of Encyclopaedia Britannica (2024, March 1). *europium*. *Encyclopedia Britannica*.  
<https://www.britannica.com/science/europium>.

*Para el  $\text{Eu}(\text{OH})_3$ :*

<http://www.metall.com.cn/euoh.htm>

<https://www.americanelements.com/europium-hydroxide-16469-19-5>

<https://www.smolecule.com/products/s1520828>

*Para el  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ :*

<https://www.nanoshel.com/product/europium-III-nitrate-hydrate>

*Para el  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ :*

<https://www.samaterials.es/europium/1057-europium-oxide.html>

*Para el  $\text{EuPO}_4$ :*

<https://prochemonline.com/product/europiumphosphate-1792>

<https://www.fishersci.ie/shop/products/europium-iii-phosphate-hydrate-99-9-reo-thermo-scientific/11364987>

*Para el vidrio de borosilicato:*

<https://valleydesign.com/Datasheets/Corning-Pyrex-7740.pdf>