

Hoy ha sido el 144 cumpleaños de [Marie Curie](#). Siempre he admirado y envidiado el momento que vivió en la historia de la Ciencia: el nacimiento de la ciencia del siglo XX, la era de la Física y el colofón de la época en la que la Química asentaba sus bases y su estructura. El trabajo de los Curie se situaba a caballo de ambas Ciencias y ella formó parte de un grupo de científicos que cambiaron el mundo. Gracias a ellos tenemos aparatos de rayos X y scanners en los hospitales, tenemos energía eléctrica y podemos comprar carne y pescado en el supermercado. Muchas veces la gente no se da cuenta de que la ciencia básica tiene conexiones con todo. Seguramente, si alguna persona de ahora viera a Marie Curie en su humilde laboratorio midiendo la radiactividad de minerales de uranio, se preguntaría “¿y eso para que sirve?”. Gracias a Marie y su pequeña colección de minerales de uranio, ahora tenemos medicinas y pruebas diagnósticas, hemos mejorado la calidad de nuestros materiales y hemos avanzado en Geología. Si no ves la relación entre todo ello, preguntame. Así que sí, envidio el momento en que Marie y su marido Pierre vieron brillar en la oscuridad el radio que purificaron a partir de una tonelada de residuos de mineral de uranio de las minas de Bohemia. Muchas veces he intentado imaginar como debió ser y no puedo evitar tener una imagen romántica de la Ciencia de aquella época.

En su momento, con los conocimientos disponibles, el trabajo de Marie Curie fue un gran hallazgo. Descubrió que en los minerales de uranio hay elementos más radiactivos que él, que nunca habían sido descritos y su purificación consolidó la construcción de la Tabla Periódica de los Elementos y marcó el nacimiento de una época. No en vano recibió dos premios Nobel.

Actualmente, uno de los trabajos de Marie y Pierre, la purificación del radio, puede constituir un elegante experimento didáctico en la enseñanza de la Química y de la naturaleza de la materia. Voy a explicaros cómo, haciendo un homenaje al trabajo de los Curie.

Purificación del radio a partir de minerales de uranio

Lo primero que necesitamos es mineral de uranio. Necesitaremos para verlo bien entre 20 y 40 gramos de mineral puro, así que no valen los minerales que sólo son costras. Lo ideal es utilizar uraninita como ésta:



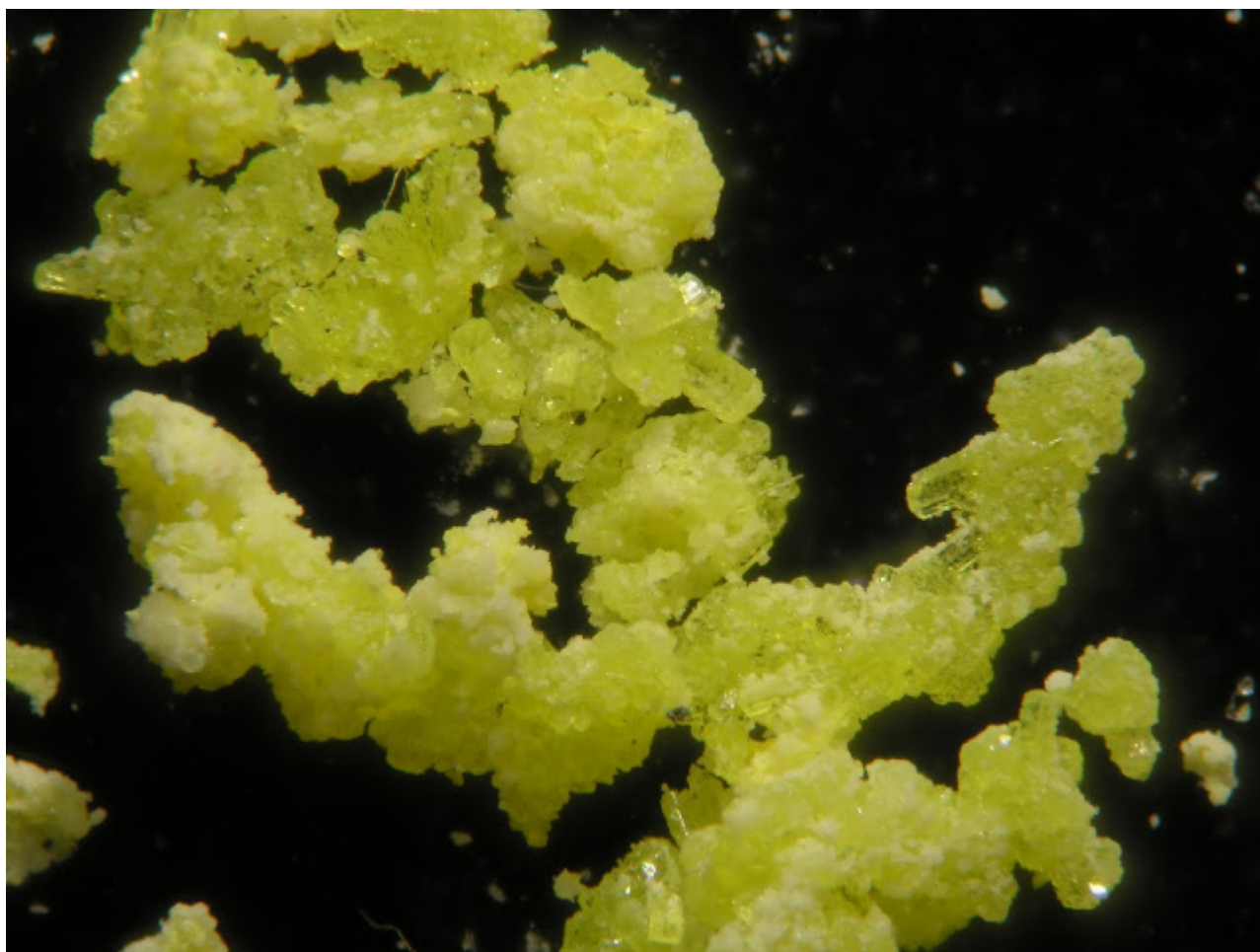
Uraninita cristalizada de Katanga, Zaire.

Bueno, es mejor usar uraninita masiva (´pechblenda´) y no destruir cristales del mineral, que son mas raros. Una vez conseguido el mineral (algo cada vez mas raro, debido al absurdo miedo a la radiactividad que ha conllevado escasez de estos materiales), se pulveriza finamente y se ataca con una mezcla de 75 ml de agua, 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y 50 ml de ácido nítrico concentrado.

****cuidado**** el ácido nítrico emite vapores tóxicos e irritantes. La mezcla se debe realizar en el orden que he puesto, poco a poco y con cuidado porque el líquido se calienta mucho. Ambos ácidos son muy corrosivos.*******

El ataque se realiza en un vaso de precipitados, con agitación y se deja que progrese durante varias horas. Durante el ataque, se añade una pequeña cantidad de cloruro o carbonato de bario (aprox. 0.5-1 gramo, según la cantidad de uranio). El bario tiene un comportamiento similar al radio y hace de *carrier*, es decir, portador del radio, ya que éste se encuentra en una cantidad muy pequeña. Tras el ataque queda una mezcla muy desalentadora de una disolución amarilla que contiene el uranio y un abundante precipitado formado por residuos inatacables (silicatos, óxidos inatacables) y sulfato de plomo, bario y radio. Ahora añadimos 50 ml de agua y calentamos a ebullición, reponiendo el agua perdida.

Filtramos y separamos el sólido y la disolución. El sólido se lava con agua hirviente varias veces hasta que el agua de lavado sale incolora y su pH no es ácido. El agua de lavado se junta con la disolución de uranio. Es usual que si dejamos evaporar o enfriamos la disolución amarilla precipite un bonito precipitado amarillo cristalino de sulfato de uranilo:



Este sulfato de uranilo nos vendrá bien después, así que lo recogemos por filtración y secamos. El remanente de disolución está saturado de uranio, si añadimos amoníaco concentrado se formará un precipitado amarillo de uranato amónico.

Si tenemos una lámpara UV, el sulfato de uranilo presenta una intensa fluorescencia amarillo verdosa, el uranato no presenta fluorescencia. Esto es debido a que solo el catión uranilo es fluorescente, pero no las otras formas químicas de uranio.

Volvamos al sólido que contiene el radio. Si disponemos de un monitor Geiger Muller o cualquier otro instrumento de medida, veremos que el sólido contiene la mayor parte de la radiactividad del mineral. Esto no es sorprendente, ya que la mayor parte de la radiactividad del mineral de uranio se debe al radio, plomo y bismuto radiactivos que contiene y que han quedado precipitados con el residuo.

Ahora añadimos al sólido suficiente agua para cubrirlo bien y añadimos 20 gramos de carbonato sódico (no bicarbonato ni sosa caústica) o de carbonato potásico. Ponemos a ebullición, añadiendo el agua necesaria para que hierva bien y sin sobresaltos. Hervimos una hora, asegurándonos de que no pierde el agua. Dejamos reposar y decantamos el líquido sobrenadante, que no debería ser

radiactivo. Añadimos 10 gramos de carbonato y agua suficiente y hervimos de nuevo durante una hora. Dejamos reposar, decantamos el líquido y filtramos, lavando bien con agua el sólido.

Por este procedimiento los sulfatos de plomo, bario y radio se han transformado en carbonatos.

Ahora, el sólido limpio se ataca con una mezcla de 25 ml de ácido clorhídrico concentrado y 50 ml de agua o bien con 50 ml de aguafuerte. Así, los carbonatos se disuelven, pasando a cloruros. Se separa la disolución y se lava bien el sólido remanente con agua acidificada con clorhídrico. La mayor parte de la radiactividad debería pasar a la disolución.

Esta disolución contiene el radio. En este momento, Marie Curie, que operaba con una cantidad enorme de material, sometió la disolución a un laboriosísimo proceso de cristalización fraccionada, concentrando sucesivamente el cloruro de radio, ya que cristaliza antes que el cloruro de bario que usamos como carrier.

Nosotros estamos con muy poco material, así que haremos otra cosa: precipitamos con una disolución saturada de sulfato amónico o sódico. Al ir añadiendo esta solución gota a gota, se formará un precipitado blanco de sulfato de bario, plomo y radio. Una vez precipitado completamente, se filtra y seca, obteniéndose un polvo blanco radiactivo. Este material contiene entre 1 y 4 microcurios de radio si hemos partido de uraninita limpia.

Lo guardamos en un vial cerrado y medimos la radiactividad con el monitor Geiger. Ahora, si medimos la radiactividad unas horas después veremos como aumenta gradualmente. Esto se debe a la acumulación de productos de desintegración del radio. Al cabo de unos días, la radiactividad llega aun máximo y no aumenta: el material esta en equilibrio secular.

Puede parecer que tenemos “mucho” radio, sin embargo la cantidad es muy pequeña. La uraninita contiene unos pocos **decigramos por tonelada** de radio. Aquí hemos trabajado con una cantidad del orden del **nanogramo** de radio. Es muy difícil imaginar que supone una cantidad de un nanogramo, ya que hacen falta imil millones de veces! esta cantidad para tener un gramo. Por eso es necesario usar el bario como transportador. Un monitor Geiger-Muller puede detectar una cantidad de **1 picogramo** de radio diluido en sulfato de bario. Marie Curie se dio cuenta de que esto abría grandes posibilidades en la investigación química, usando los isótopos radiactivos como **trazadores**. Si hemos trabajado bien tendremos: residuo insoluble que puede ser algo radiactivo: silicatos y óxidos de tierras raras, titanio y torio.

Sulfato de uranio bastante puro y otras sales de uranio.

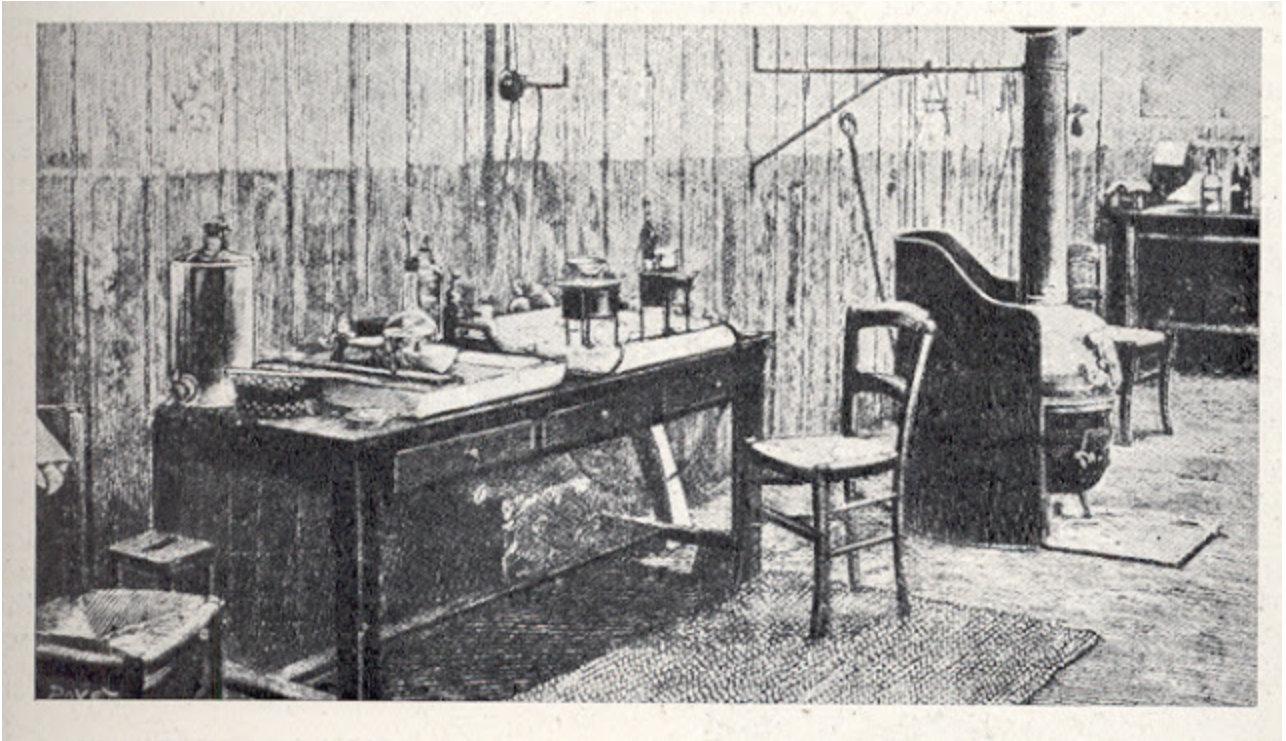
Precipitado blanco de sulfatos que contiene el radio.

¿Como llegó Marie Curie a este proceso? Pues estudiando los minerales de uranio. Primero se dio cuenta que, preparando torbernita sintética, la torbernita natural era al menos el doble de radiactiva que la sintética.



Torbernita de Beira (Portugal)

Se dió cuenta de que disolviendo el mineral y precipitando el plomo que suelen contener los minerales de uranio (llamado plomo radiogénico actualmente), la mayor parte de la radiactividad se “iba” con ese plomo. Haciendo unas pocas pruebas mas se dió cuenta de que un elemento muy radiactivo y nunca visto antes estaba presente y sus propiedades indicaban que podría tratarse del siguiente elemento de la columna de los alcalinoterreos, justo por debajo del bario. Ahora, un siglo después, este trabajo nos parece trivial. Sin embargo, al desconocerse que la tabla periódica continuaba “por abajo” y que eran estos elementos faltantes los emisores de esta extraña luz llamada radiactividad, su trabajo fue arduo y detectivesco. Y encima, desarrollado con unos medios sumamente escasos en un lugar, a nuestros ojos, poco apropiado para trabajos científicos:



El laboratorio de Marie Curie

Cuando leí, siendo un adolescente, los pormenores del trabajo de Marie Curie, decidí que quería ser científico. Pero me temo que no lograré ni acercarme a la sensación que tuvo ella. En fin, [en la parte 2](#) veréis algunas conclusiones de este experimento.