

Científicos célebres en el aula. Madame Curie en primera persona

M^a Araceli Calvo Pascual

Resumen: Este trabajo muestra un texto sobre Madame Curie, en el que la propia Marie Curie realiza una ponencia ante alumnos sobre el descubrimiento de la radiactividad, tratando otras cuestiones, como la importancia del esfuerzo y el papel de la mujer en la ciencia.

Se propone como una actividad que pueden leer o representar alumnos de la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, y se dan ideas para que los alumnos elaboren textos basados en otros científicos célebres.

Palabras clave: Curie, Química, didáctica, radiactividad, Ciencias para el Mundo Contemporáneo.

Abstract: This paper shows a text on Madame Curie in which she makes a presentation to students about the discovery of radioactivity, dealing with other issues, such as the importance of the effort and the role of women in science.

Keywords: Curie, Chemistry, teaching, radioactivity, Science for the contemporary world.

Introducción

En 2011, declarado Año Internacional de la Química en la 72^a sesión plenaria de la Asamblea General de la ONU por iniciativa de la IUPAC y la UNESCO,¹ se conmemora el centenario de la entrega del Premio Nobel de Química a Marie Curie, y puesto que fue la primera mujer que lo recibió, permite resaltar la contribución de la mujer a la Ciencia.

La actividad que aquí se propone se basa en la figura de Marie Curie, para que a través de ella los alumnos puedan interesarse por la Ciencia en general y la Química en particular, valorando su importancia y el papel de la mujer en la misma, de acuerdo a los objetivos del Año Internacional de la Química.²

Se propone realizarla en la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1^o de Bachillerato, puesto que la actividad se adecúa a las características y objetivos de la materia, permitiendo ver que la ciencia es una actividad humana con un contexto social, económico y ético, y favoreciendo el desarrollo de la expresión oral y escrita de los alumnos.³

Por otra parte, puesto que la radiactividad se aplica en campos que constituyen gran parte de los contenidos del ámbito (medicina, alimentación, materiales, energía), es interesante dedicar un tiempo de la misma a la figura de Marie Curie y al origen de la radiactividad.



M^a A. Calvo Pascual

Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III de Madrid.

Avda. de la Universidad 30, 28911, Leganés, Madrid.

C-e: macp@quimicosmadrid.org

Recibido: 16/06/2011. Aceptado: 20/09/2011.

Tras el análisis de la actividad se propone una nueva actividad en la que sean los propios alumnos los que elaboren textos basados en otros científicos célebres.

Metodología

A principio de curso se puede proponer a los alumnos de Ciencias para el Mundo Contemporáneo que individualmente busquen información sobre Madame Curie, porque van a tener la oportunidad de asistir a una ponencia que dará ella misma sobre el descubrimiento de la radiactividad, y en la que podrán hacerle preguntas.

Se debe incidir en la importancia de contrastar la información y tener en cuenta la fiabilidad de la fuente consultada. La bibliografía sobre Marie Curie es muy extensa, hay muchas páginas web que dedican parte de sus contenidos a resumir su vida y su obra, y muchos libros escritos sobre su figura, destinados a lectores de todas las edades.

Tras la búsqueda de información se explicará a los alumnos que cinco estudiantes voluntarios harán una lectura teatralizada de un texto en el que Marie Curie explica a la clase el descubrimiento de la radiactividad. Los papeles que deben repartirse son: Marie Curie, el/la coordinador/a del acto que presenta a Marie Curie, y cuatro alumnos que le hacen preguntas (uno de ellos, al menos, debería ser mujer, como se verá más adelante).

Tras la lectura del texto el resto de alumnos de la clase puede hacer preguntas.

A su vez se creará un grupo de cuatro o cinco alumnos que se encargará de la escenografía, consistente en mostrar con el proyector, simultáneamente a la interpretación del texto, fotografías relativas a la información que se va dando: personas citadas, lugares, edificios, instrumentos, minerales, elementos...

Las fotografías las buscarán y seleccionarán los alumnos con la ayuda del profesor.

Con los estudiantes que se han ofrecido como voluntarios para la lectura teatralizada se hace una reunión para distribuir los papeles y trabajar el texto que deben leer e interpretar, ensayando tanto individualmente como en grupo.

Para que toda la clase se implique y se motive, la actividad puede anunciarse pegando en los tablones de anuncios del instituto o colegio carteles con el título de la ponencia, la hora

y el lugar. Puede también invitarse a algún curso de ESO, con lo que se implica a mayor número de alumnos y se motivan más. Si es posible, podría hacerse coincidir el día de la actividad con una fecha que sea significativa.

En el cartel (Figura 1) se puede incluir una fotografía⁴ que ilustre la actividad y llame la atención de los alumnos, así como el logotipo del Año Internacional de la Química.⁵

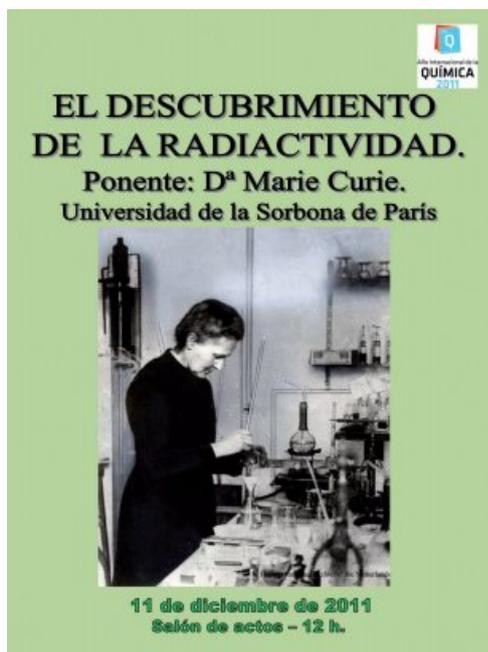


Figura 1. Cartel anunciando la actividad con una fotografía de Marie Curie en su laboratorio de Química del Instituto del Radio en Francia. Abril de 1921.

El día indicado, a la hora elegida, en el salón de actos (o en el aula de clase), comienza la actividad.

“Madame Curie en primera persona”

(El coordinador del acto presenta a la ponente)

COORDINADOR/A: Tenemos el honor de contar con la presencia de Madame Curie, galardonada junto a su marido Pierre Curie con el Premio Nobel de Física en 1903, “en reconocimiento –y leo textualmente la notificación oficial de la Academia Sueca de Ciencias con la que hizo público su galardón– a los extraordinarios servicios que han prestado con sus investigaciones conjuntas sobre los fenómenos de radiación descubiertos por el profesor Becquerel”, científico que compartió con ambos el Premio.

Madame Curie se convierte así en la primera mujer ganadora de un Premio Nobel, y desde este momento nuestra ponente alcanza fama mundial, es más, a partir de ese momento los Premio Nobel comenzaron a ganar reconocimiento popular.

Pero sus distinciones no acaban aquí. En 1911, recibe el Premio Nobel de Química, “en reconocimiento a sus servicios al avance de la química con el descubrimiento de los elementos radio y polonio, el aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza y compuestos de este extraordinario elemento”.

Es la primera persona galardonada con dos Premios Nobel y la única que los ha ganado en dos disciplinas provenientes de dos ámbitos científicos, ya que Linus Pauling tiene dos Nobel, el de Química (recibido en 1954) y el de la Paz (ocho años después), y Frederick Sanger obtuvo dos Nobel pero los dos de Química (en 1958 y 22 años después) y John Bardeen dos de Física (1956 y 16 años después).

En Madrid hemos tenido la suerte de contar con su presencia en tres ocasiones: la primera en abril de 1919 para participar en el Primer Congreso Nacional de Medicina, junto a su hija Irène, dando la conferencia “Las radiaciones de radioelementos y la técnica de su empleo”. En 1931 volvería a Madrid de nuevo con su hija para dar otra conferencia en la Residencia de Estudiantes. “La radioactividad y la evolución de la ciencia” y la tercera en 1933, para presidir una reunión de nuevo en la Residencia de Estudiantes sobre “El porvenir de la cultura”.

Nos va a explicar el descubrimiento de la radiactividad y aspectos importantes de la misma. Nadie mejor que ella para hacerlo.

Muchas gracias por haber aceptado nuestra invitación. Cuando quiera puede comenzar.

(Marie Curie agradece la presentación e inicia la ponencia. Es una mujer delgada y pálida, vestida de un modo sobrio. Transmite seriedad, sus palabras son seguras y precisas. Al principio parece fría, habla sin emoción, pero a lo largo de la ponencia demuestra gran sensibilidad, y en varias ocasiones se le quiebra la voz).

M. CURIE: Buenos días, voy a hablarles del descubrimiento de la radiactividad y del gran impacto que tuvo en la ciencia y la sociedad, aunque las primeras investigaciones las hicimos personas modestas en un lugar modesto, en la *École Municipale de Physique et de Chimie* de la *rue Lhomond* de París, en un laboratorio bastante pobre pero que al menos nos permitía hacer experimentos.

Me interesaron los experimentos del físico francés Henri Becquerel con sales de uranio, y decidí hacer mi tesis doctoral sobre este tema. Mi marido (que era profesor en esta Escuela Municipal) también se interesó por el tema, y obtuve una autorización para trabajar con él en el laboratorio.

Para contextualizar nuestras investigaciones comenzaré citando a Wilhelm Konrad Röntgen, físico alemán que empezó a investigar en el campo de los rayos catódicos, y casi año y medio después, en concreto el 8 de noviembre de 1895, observó una radiación (la llamó X, ya que ignoraba su naturaleza) que podía atravesar cuerpos opacos. En diciembre de ese mismo año presentó su trabajo en una comunicación hecha en la Sociedad de Ciencias local, acompañando a la descripción experimental observaciones sobre sus propiedades físicas. Por este hallazgo en 1901, cuando la Academia Sueca de Ciencias concedió por primera vez los premios Nobel, obtuvo el Nobel de Física.

A partir del descubrimiento de los rayos Röntgen, Becquerel descubrió en 1896 una nueva propiedad de la materia. Demostró que las sales de uranio emiten radiaciones cuya existencia no había sido reconocida, y que mostraban notables propiedades, algunas de las cuales eran comparables con las propiedades de la radiación estudiada por Röntgen. Vio que las radiaciones de las sales de uranio se emitían aunque estuvieran en la oscuridad (no era necesario que se

iluminara la sal, como en la fluorescencia). Al efecto lo llamó fosforescencia invisible.

Becquerel comprobó que la nueva radiación ionizaba los gases haciéndolos conductores. Lo que yo hice fue estudiar la conductividad del aire bajo la influencia de la radiación emitida por el uranio, y buscar si existían otras sustancias, además de los compuestos de uranio, que convirtiesen el aire en conductor de la electricidad.

Para ello utilicé un instrumento creado por mi marido Pierre y su hermano Jacques. Ambos habían descubierto el fenómeno que posteriormente se llamaría piezoelectricidad, ya que observaron que si a ciertos cristales se les sometía a variaciones de presión aparecían cargas eléctricas en su superficie, y a la inversa, si esos cristales eran expuestos a la acción de un campo eléctrico se comprimían o dilataban. A partir de estas investigaciones diseñaron el electrómetro de cuarzo piezoeléctrico que permitió el estudio de la actividad radiactiva de las sustancias.

Colocaba el material a estudiar sobre una placa metálica frente a la que se encontraba otra placa metálica que servía de condensador, dentro de un tubo de aire enrarecido (a baja presión), y utilizaba el electrómetro para comprobar si pasaba corriente eléctrica por el aire contenido entre las placas (a mayor intensidad de corriente, mayor actividad radiactiva de la sustancia).

Por cierto, en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid se conservan prototipos de instrumentos creados por mi marido, y en concreto un electrómetro de cuarzo piezoeléctrico de latón y madera que es el segundo ejemplar fabricado por la *Société Centrale de Produits Chimiques* de París, que perteneció al Departamento Curie del Instituto de Radiactividad de la Universidad Central de Madrid (Instituto en el que gentilmente me nombraron Directora Honoraria la primera vez que visité Madrid).

Con estos experimentos comprobé que la emisión de rayos era una propiedad atómica del uranio cualquiera que fueran las condiciones físicas o químicas de la sal. Examiné también otros compuestos de uranio y vi que todos eran activos, y más cuanto más uranio contenían.

Vi también que los compuestos de torio eran muy activos (el óxido de torio sobrepasaba en actividad al uranio metálico), y el niobio, cerio y tántalo parecían ser ligeramente radiactivos.

Lo que me llamó mucho la atención fue que la pechblenda (óxido de uranio) y la calcolita (fosfato de cobre y de uranio) eran mucho más activos que el uranio. La explicación que podía darle a este hecho era que estos minerales tuvieran un elemento mucho más activo que el uranio.

Se lo dije a mi marido y dejó las investigaciones que estaba realizando para ayudarme. Lo que intentamos fue aislar el posible elemento, o elementos, que habíamos detectado indirectamente en los minerales. Yo me encargué de los análisis químicos y Pierre de los físicos. Empezamos a trabajar con una muestra de 100 g de pechblenda y después de tres meses de intenso trabajo pudimos presentar, el 18 de julio de 1898, en la Academia de Ciencias, un artículo titulado "*Sur une substance nouvelle radioactive, contenue dans la pechblende*".

Tras someter a la pechblenda a tratamientos químicos vimos que el cuerpo activo permanecía junto a bismuto, no podíamos separarlo completamente, pero veíamos que al ir

haciendo separaciones incompletas íbamos obteniendo productos cada vez más activos.

No se me olvidará el momento en que, tras haber añadido sulfuro de hidrógeno a nitrato de bismuto y recoger el precipitado para medir su actividad comprobé que era 150 veces más activo que el uranio (parece que estoy viendo mi cuaderno de laboratorio en el que subrayé este dato). Ese mismo día Pierre colocó una muestra de sulfuro de bismuto impuro en un tubo, calentó el vidrio y vio que se depositaba un polvillo negro. El polvillo tenía una actividad 330 veces superior a la del uranio.

Creíamos haber encontrado un metal desconocido hasta el momento, aunque los análisis espectrográficos que hizo Eugène Demarçay todavía no permitían identificar un nuevo elemento. No obstante pedimos que si se confirmaba su existencia se denominara polonio, en honor a mi país, Polonia (soy de Varsovia, mi apellido antes de casarme era Sklodowska).

Quiero destacar que en el artículo que presentamos fue la primera vez que se empleaba la palabra radiactividad (es decir, activa en radiación, que emite radiaciones). Introduje este término porque los rayos de Becquerel se identificaban con los compuestos de uranio y de torio, pero ahora se comprobaba que esta propiedad no era exclusiva de estas sustancias. A las sustancias que presentaban esta propiedad las llamé radiactivas, y a la propiedad radiactividad. Después este nombre se adoptó de forma general.

Por otra parte, en nuestras investigaciones vimos que al separar el bario de la pechblenda podía existir otro elemento con él, ya que si bien la muestra tenía la apariencia química del bario casi puro, la muestra mostraba una actividad tres o cuatro veces mayor que la del uranio. El nuevo elemento debía existir en cantidades minúsculas, pero su actividad debía ser enorme.

Le pedimos ayuda al jefe de los trabajos de química mineralógica de la *École de Physique et Chimie Industrielles*, Gustave Bémont. Al intentar aislar el elemento, primero obtuvimos una sustancia en estado de cloruro hidratado con una radiactividad 60 veces más fuerte que el uranio metálico, pero tras sucesivas separaciones llegamos a una sustancia que tenía una actividad 900 veces mayor que la del uranio. Se nos acabó la muestra pero seguramente podríamos haber conseguido mayor actividad; además los resultados espectrográficos realizados por Demarçay vislumbraban que seguíamos un camino acertado. Tras varios meses de trabajo, el 26 de diciembre presentamos nuestro descubrimiento en la Academia.

Anunciábamos así la existencia de un nuevo elemento mucho más importante que el polonio en cuanto a actividad radiactiva. Propusimos denominarlo radio.

Pero queríamos aislar el elemento, y para ello se necesitaban tratamientos semi-industriales. Gracias al gobierno austriaco logramos varias toneladas de pechblenda (recibimos 8 toneladas entre julio de 1899 y marzo de 1900 de las minas de San Joachimsthal en Bohemia, actualmente Jachymov, en la República Checa), y la *Société Centrale de Produits Chimiques* aceptó colaborar con nosotros. Debo nombrar también la colaboración de André Debierne, un antiguo alumno de Pierre, que fue mi principal ayudante tras su muerte.

Hago un inciso para comentarles que Debierne obtuvo en 1899 una sustancia activa en un precipitado de hierro que separó de la pechblenda y que denominó actinio, elemento

que también descubrió de manera independiente el químico Giesel tres años después.

Continúo con el radio. Poder aislar radio puro fue un proceso muy largo y complejo: en 1902 habíamos logrado, por cristalización fraccionada, obtener 1 dg de cloruro de radio puro, cinco años después habíamos logrado separar 40 cg, y no pudimos aislar radio metálico puro hasta 1910, mediante un proceso electrolítico. Como ven, desde el inicio de nuestras investigaciones pasaron 12 años hasta que pudimos aislar radio (el polonio todavía seguía irreductible). Mi marido ya no conoció ese momento.

Por supuesto este trabajo no podríamos haberlo hecho solos en nuestro laboratorio. Quiero destacar la colaboración desde 1904 con el químico industrial Armet de Lisle que estableció una factoría de radio en Nogent-sur-Marne, corrió con los gastos del tratamiento de la pechblenda y nos dejó, desde 1908, una zona de la fábrica a nuestra disposición.

Con todo lo descrito pueden imaginarse que el radio tenía un precio muy elevado (en 1921, 1g costaba 100.000 dólares), pero su vida media, es decir, el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de los átomos de una muestra, y por tanto disminuir su actividad a la mitad, es de 1600 años, frente a 138 días del polonio y 4500 millones de años del uranio, y puesto que tiene una intensidad 3000 veces superior a la de la misma cantidad de uranio, es el elemento radiactivo que combina vida media e intensidad elevada.

Los radioelementos no se utilizaron sólo con fines industriales o científicos, también médicos.

En 1900 Giesel y Walkoff vieron en Alemania, pero de manera independiente, los efectos biológicos del radio. A partir de estas observaciones mi marido publicó al año siguiente un artículo con Becquerel titulado "La acción fisiológica de los rayos del radio". Exponiéndose durante unas horas a una sal de bario radificado colocada en el brazo, encima de una hoja de celuloide, se producía un efecto parecido al de los rayos de Röntgen: enrojecimiento de la piel, seguido de inflamación, formación de llagas y destrucción de la epidermis, reconstituyéndose muy lentamente con la formación de una cicatriz. Los que trabajábamos con estas sales sufrimos lesiones en las manos, en los dedos y en los ojos. No conocíamos el efecto dañino de la radiación y no utilizábamos medidas de protección.

A su vez sobre 1904 los médicos galos empezaron a ver la importancia de la radiactividad como instrumento terapéutico. Primero pensaron en él como analgésico, como tratamiento de patologías diversas o incluso para rejuvenecer; se aplicaba erróneamente o se le atribuían propiedades que no tenía.

Pero también fue tomando protagonismo la aplicación de sustancias que contuviesen radio sobre superficies con tumores, con el propósito de disminuir su tamaño o eliminarlos completamente, basándose en la capacidad energético-destruccion de estas sustancias. Se estableció así una nueva disciplina médica: la radioterapia.

Poco antes de la Primera Guerra Mundial se creó el Instituto del Radio.

En 1911 comenzó la creación del "Pabellón Pasteur" (que se terminó justo antes del inicio de la guerra), dirigido por el médico Claude Regaud. Estaba destinado a la investigación biológica y médica, y en él se hacían estudios radiofisiológicos.

En 1912 comenzó la construcción del departamento de Física General y Radiactividad, que me ofrecieron dirigir

tanto desde el Instituto Pasteur como desde la Sorbona, y que se denominó el "Pabellón Curie", centrado en investigaciones físicas y químicas, asociado a mi cátedra de la Sorbona y por tanto dependiente de la Facultad de Ciencias. Cuando se inició la guerra en 1914 no estaba totalmente terminado, pero un año después me trasladé a él con la ayuda de mi hija, mi mecánico y mis coches radiológicos en los que pudimos transportar el material.

Dirán que qué es eso de los coches radiológicos, pues bien, a pesar de que la Primera Guerra Mundial sea recordada como "guerra de la química" por la utilización de gases tóxicos, hay otro aspecto de la ciencia que hay que recordar y que demuestra la amplitud que la aplicación de los descubrimientos científicos puede tener: la historia de la radiología durante la guerra.

Tuve la idea de los coches al ver que no había instalaciones radiológicas en los hospitales de campo para localizar balas, fracturas... Solicité a la Cruz Roja francesa y a la Unión de Mujeres de Francia un coche radiológico dotado de una dinamo, un aparato de rayos X, un equipo radiológico, cortinas, pantalallas y guantes.

Mi hija Irène y yo nos recorrimos los campos de batalla. También lo condujeron antiguos estudiantes y profesores de la *École Normale* donde trabajé. Al final de la guerra teníamos 20 coches y supervisé la instalación de 200 salas radiológicas en hospitales de lo cual, al igual que todos los que colaboramos en esa tarea, estoy orgullosa, ya que se hicieron más de un millón de radiografías que permitieron diagnosticar huesos fracturados, dislocaciones de articulaciones, localizar balas en tejidos blandos... tan habituales en tiempos de guerra.

(Guarda un momento silencio y continúa su exposición).

Les he hablado del descubrimiento de la radiactividad y del impacto que tuvo, pero debo decir que no sabíamos qué la causaba, cuál era su origen.

Si dijimos desde el principio que era una propiedad atómica de los cuerpos, y pensábamos que o bien los cuerpos radiactivos poseían la energía que emitían o eran transformadores de energía exterior.

En 1899 Pierre Curie y yo vimos que todos los cuerpos situados en el entorno de sales de radio se volvían activos temporalmente, y Ernest Rutherford lo vio para el torio.

Mi marido daba preferencia a la experimentación y desdénaba la especulación teórica. Así nuestra metodología era lenta pero segura: en el estudio de fenómenos desconocidos se pueden hacer hipótesis muy generales pero hay que avanzar paso a paso con la ayuda de la experiencia.

La Ley de las transformaciones radiactivas que habíamos apuntado mi marido y yo, pero que fue desarrollada por Rutherford y Soddy entre 1902 y 1903, era una hipótesis que adquiría un grado creciente de confianza pero no debían rechazarse otras posibilidades.

En 1903 Ramsay y Soddy demostraron espectroscópicamente que la emanación del radio generaba helio.

Les propongo que investiguen los resultados a los que llegaron otros científicos, como Thomson, Villard, Rutherford, Gamow, Gurney y Condon ..., infórmense de cómo se determinó la existencia de radiaciones β , γ y α , y cómo la física cuántica suministraba una explicación satisfactoria para la emisión de partículas α .

Es importante en este punto que distingan que a lo largo de mi exposición les he hablado del descubrimiento de la

radiactividad natural, pero son Irène Curie y Frédéric Joliot quienes descubren la radiactividad artificial.

Ya he citado a lo largo de esta ponencia a mi hija Irène, que continuó mis pasos en el estudio de la radiactividad. Siendo todavía adolescente me acompañó en los trabajos radiológicos durante la guerra de los que ya les he hablado, después estudió en la Sorbona y se graduó, como yo, en Física y Matemáticas. En 1920 entró a trabajar como ayudante en el Instituto del Radio y cinco años después presentó su tesis doctoral titulada “*Recherches sur les rayons α du polonium, oscillation de parcours, vitesse d’émission, pouvoir ionisant*”.

Un año después se casó con Frédéric Joliot que también trabajaba en el Instituto del Radio y al que introduje en el campo de la radiactividad, dedicándose a desarrollar métodos para estudiar depósitos electrolíticos de radioelementos.

Juntos investigaron la medida y caracterización de emisiones radiactivas, y posteriormente se interesaron por los trabajos que se estaban llevando a cabo en el laboratorio Cavendish, bajo la dirección de Rutherford.

En 1919 Rutherford había descubierto que un núcleo de nitrógeno absorbía una partícula alfa, emitiendo un protón y transformándose en un núcleo de oxígeno, y su grupo de investigación descubrió que cuanto más rápidamente viajaban las partículas alfa, más transformaciones generaban.

En 1932 Irène Curie y Frédéric Joliot comprobaron, con una cámara de ionización conectada a un electrómetro y posteriormente con una cámara de niebla, que al trabajar con una muestra de polonio, la radiación que observó Bothe en 1930 (radiación neutra muy penetrante) era capaz de provocar la emisión de protones de una capa de parafina.

La lectura del artículo que Curie y Joliot escribieron sobre estos resultados le sirvió a Chadwick, *assistant director* de investigación del Cavendish, para descubrir el neutrón, que Rutherford había supuesto retomando la idea que habían dado otros científicos años antes.

En 1934 mi hija Irène y Frédéric Joliot descubrieron la radiactividad artificial. Vieron que cuando irradiaban una lámina de aluminio con una preparación de polonio, la lámina continuaba siendo radiactiva aún después de eliminar la preparación de polonio. Observaron lo mismo con el boro y con el magnesio.

Fue para mí toda una alegría tener en mis manos el tubo de cristal que mi hija y Frédéric me dieron con el primer radioelemento artificial. Un año después les concedieron el Premio Nobel de Química.

El descubrimiento de la radiactividad artificial supuso el nacimiento de una nueva etapa, y todo un desarrollo de la física nuclear hasta la actualidad que les propongo estudiar. Fermi, Hahn, Strassmann, Meitner, Frisch... son algunos de sus primeros protagonistas.

Como curiosidad les comento que Joliot creó el primer ciclotrón de Europa occidental.

Hagan un estudio completo, de modo que reflexionen sobre las aplicaciones negativas de estos conocimientos, como son las bombas atómicas, pero también sobre las positivas, como la utilización de la energía nuclear para generar electricidad o los grandes avances en medicina nuclear. Infórmense también de las aplicaciones que la física nuclear tiene en muchos ámbitos, se sorprenderán...

No hay que temer nada en la vida, sólo hay que entenderlo. Les animo a que se interesen por la Ciencia, por la Química, forma parte de sus vidas, y es con el conocimiento científico como una sociedad puede crecer.

Muchas gracias.

COORDINADOR: Muchas gracias por su exposición, si le parece empezamos el turno de preguntas.

(Dirigiéndose a los alumnos) Aprovechad la ocasión de poder preguntar lo que queráis a una mujer que nos acaba de relatar el gran trabajo que la llevó a ganar dos Premios Nobel.

ALUMNO 1: ¿Qué le gustaba hacer cuando tenía nuestra edad?

M. CURIE: (*Más cercana*) La ciencia me apasionaba y es a lo que me dediqué profesionalmente, pero también me gustaba la sociología y la literatura, leía mucho y la poesía me encantaba. También me ha gustado siempre disfrutar de la naturaleza y el ejercicio físico, andar por la montaña, nadar y remar en el mar, trabajar en el jardín...

Os recomiendo estar siempre activos, contribuye a enriquecerse como persona.

ALUMNO 2: ¿Y cómo podía sacar tiempo para todo?, ¡yo no tengo tiempo de estudiar todas las asignaturas!

M. CURIE: Planificándome y teniendo claro que para conseguir lo que se quiere hay que trabajar, esforzarse.

La mayoría de vosotros tenéis muchas más facilidades que las que tuvimos otras generaciones; tuvimos dificultades económicas, geográficas, y en el caso de las mujeres una dificultad añadida por serlo.

Yo en concreto quería estudiar Matemáticas y Física en París, era la pequeña de cinco hermanos, mi madre murió cuando yo tenía 9 años, y la situación económica en casa impedía que todos fuéramos a la Universidad, por lo que hice un acuerdo con mi hermana Bronia, que quería estudiar Medicina en París, para que pudiéramos estudiar las dos. Primero estudiaría ella, y yo trabajaría y la ayudaría económicamente, y cuando ella fuera médico, iría yo a estudiar a París con su ayuda. Así fue, y tuve que trabajar duro, muy duro, como institutriz, para poder estudiar en la Universidad de París. Pero lo conseguí. Inicié con 24 años mis estudios en la Facultad de Ciencias de la Sorbona, en la que, de 1825 alumnos matriculados en 1º solamente 24 éramos mujeres, y tuve que estudiar intensamente desde el principio, porque vi que mis compañeros franceses estaban mucho mejor preparados que yo.

Mi vida posterior tampoco fue fácil. Me casé con 28 años, he tenido dos hijas, con 30 años tuve la primera y con 37 años la segunda, y me quedé viuda con 38 años (mi marido murió en un accidente de tráfico).

Debo decir que mi suegro se fue a vivir con nosotros al poco tiempo de nacer mi primera hija, y me ayudó en el cuidado y educación de las dos, pero murió cuando mi hija pequeña tenía 5 años y la mayor 12.

Como os imaginaréis esta situación y dedicarme a la docencia y a la investigación requirió trabajar muchas horas al día, y tener que renunciar a muchas cosas, pero tengo un principio: no dejarse abatir ni por los seres ni por los acontecimientos. Además, recordaba lo que mi esposo solía decir a veces, que, incluso sin él, debía continuar mi trabajo.

ALUMNA 3: Pero lo habrá tenido mucho más difícil por ser mujer, ¿verdad?

Ha sido difícil ser mujer en un ámbito, en mi época, reservado a los hombres.

Sólo otra mujer se graduó el año que yo de toda la Universidad de París (y el año que me gradué en Matemáticas sólo otras 4 mujeres se graduaron conmigo). Fui la segunda mujer en convertirme en doctora en Ciencias Físicas (la primera fue la científica alemana Else Neumann en la Universidad de Berlín) y la primera mujer que dio clase en una Universidad, en la Sorbona, lo que creó una gran expectación.

A mi marido le dieron una cátedra en la Facultad de Ciencias desde que nos concedieron el Premio Nobel de Física, cátedra que pudo disfrutar por poco tiempo (no llegó a dos años, se la dieron en octubre de 1904 y murió el 19 de abril de 1906). Cuando murió me propusieron sucederlo en sus clases. Dudé si aceptarlo o no, pero lo hice; empecé las clases el 5 de noviembre, como *professeur-adjoint* y desde 1910 fui *professeur titulaire*.

Seguramente os estaréis preguntando: ¿me habrían propuesto la cátedra si no hubiera ocurrido aquel fatal accidente?...

Oiréis también los comentarios de personas que opinan que yo recibí el Premio Nobel gracias a mi marido...

Por mi parte sí os puedo decir algo, mi trabajo en el laboratorio y en el aula no ha sido menor por ser mujer, pero no sé si, aún con la misma contribución científica, habría tenido las mismas oportunidades sin la ayuda de mi marido... Pensad en ello.

ALUMNO 4: Tengo entendido que, a pesar de haber obtenido dos premios Nobel, no llegaron a admitirla en la Academia de las Ciencias de Francia...

(*El coordinador interviene*)

COORDINADOR: No es de extrañar, las Academias de Ciencias han sido muy poco proclives a admitir mujeres entre sus miembros. La *Académie des Sciences* de París no admitió como miembro de pleno derecho a una mujer hasta 1979; en España la primera mujer que se admitió en la Academia de Ciencias de Madrid fue Margaritas Salas en 1986, y otros países tienen todavía mucho por hacer en este aspecto. La introducción de la mujer en todos los ámbitos ha sido y está siendo muy difícil.

M. CURIE: (*Dirigiéndose a los alumnos*) Investigad desde cuándo en España y en otros países las mujeres pueden estudiar, dedicarse a la Ciencia... analizadlo. Consultad fuentes bibliográficas que os permitan conocer ejemplos concretos de mujeres dedicadas a la Ciencia a lo largo de la historia y en la actualidad. Así veréis el papel de la mujer en la Ciencia, y si hay diferencias comparando épocas distintas y países distintos.

(*Tras responder a todas las preguntas Marie Curie termina su intervención*).

Espero haberos transmitido además de breves aspectos del descubrimiento de la radiactividad, mi amor por la Ciencia y mi gusto por el esfuerzo.

Estudiad, la recompensa será aprender, y los conocimientos os darán la posibilidad de ser más libres.

Mis padres se dedicaban a la enseñanza y me inculcaron creer profundamente en la importancia de la educación. Mis primeras clases de Matemáticas, Física y Química las recibí de mi padre, y yo di clase a mis hijas y a los hijos de mis compañeros durante dos años en una especie de cooperativa en la que cada uno dábamos un día de clase a la semana a nuestros hijos en nuestro lugar de trabajo. Quiero con ello, por último, destacar la labor de vuestros profesores, que son claves para

la cultura científica de los futuros ciudadanos, y para favorecer el nacimiento de vocaciones científicas, fundamentales en cualquier sociedad.

En este Año Internacional de la Química pensad que vosotros sois el futuro de esta Ciencia, tenéis que ser conscientes de su importancia en el desarrollo de vuestras vidas, sea cual sea vuestra futura profesión, pero además puede que muchos de vosotros os encarguéis de enseñarla, de investigar en ella... en definitiva, de contribuir a mejorar las condiciones y la calidad de vida de los demás. Os animo a ello. Muchas gracias por vuestra atención.

Análisis de la actividad y propuesta de nuevas actividades

Puesto que todos los alumnos habrán recabado información sobre Marie Curie, es interesante que se haga un análisis de la actividad en el que se pongan de manifiesto las diferencias entre las informaciones obtenidas en función de las fuentes consultadas.

Debo decir que me ha resultado llamativo ver hasta qué punto varían los datos no sólo entre distintas fuentes, sino dentro de la misma fuente; en concreto dentro de un mismo libro pueden encontrarse fechas o comentarios incoherentes con lo dicho en páginas anteriores.

Es importante que los alumnos conozcan la bibliografía utilizada para la elaboración del texto, así como proponerles su consulta si son fuentes que no habían utilizado cuando buscaron información sobre Marie Curie. De toda la bibliografía consultada, se ha seleccionado la siguiente para la redacción del texto:

- Páginas web que se han considerado representativas.⁶⁻¹³
- Libros que pueden encontrarse en las librerías,¹⁴⁻²⁷ y que por tanto pueden recomendarse a los alumnos para fomentar la lectura de libros de divulgación científica.
- Libros que no están a la venta en las librerías pero que, a través de la web,²⁸ pueden leerse gratuitamente,^{29,30} o descargarse gratuitamente.³¹⁻³⁶
- Libros de los que pueden leerse fragmentos³⁷⁻⁴⁰ a través de la web.⁴¹
- Artículos de revistas que pueden entregarse a los alumnos.⁴²⁻⁴⁹

Además del necesario análisis de los contenidos científicos, puede ser interesante analizar con los alumnos cómo se ha presentado a Marie Curie.

En el texto expuesto he intentado mostrar a Marie Curie como una mujer muy trabajadora que amaba lo que hacía, más que como una persona fuera de lo común, como está reflejada en muchas de sus biografías. Este modo de presentar al protagonista se repite en otras biografías de científicos que, según palabras de Kragh,⁵⁰ logran convertirse en superventas glorificando, novelizando al héroe como un genio que lucha contra un mundo contemporáneo estúpido.

Creo que mostrar al científico de un modo real, como la persona que es o ha sido, con sus valores, pero también con sus limitaciones, puede contribuir mucho más a fomentar en el alumno su interés por la Ciencia.

El análisis de la actividad puede incluir también el análisis del cartel diseñado para anunciarla, en concreto la fecha

elegida y la fotografía expuesta. Se les puede pedir a los alumnos que indiquen si la fecha es representativa de algún acontecimiento relacionado con Marie Curie, y qué aspectos reflejados en la exposición sugiere la fotografía. En concreto en el cartel expuesto (Figura 1) he elegido el 11 de diciembre porque fue el día en que Marie Curie dio su conferencia Nobel, al día siguiente de la ceremonia de concesión del Premio Nobel de Química, y la fotografía, seleccionada entre todas las encontradas en la bibliografía, porque refleja a una mujer entregada al trabajo en un laboratorio de Química.

Una vez que se ha hecho el análisis en el aula, y teniendo en cuenta que en el texto Marie Curie anima a los alumnos a que investiguen acerca de la radiactividad, de otros científicos, y en concreto de mujeres que han jugado y juegan un papel importante en la Ciencia, puede proponerse, si el profesor lo estima conveniente en función de los resultados obtenidos con la actividad, que los alumnos a lo largo del curso, por grupos heterogéneos (en el grupo debe haber alumnos de cada una de las modalidades de Bachillerato) elaboren un texto sobre una persona célebre dedicada a la Ciencia, en el que de un modo creativo pero riguroso, se trate algún aspecto de uno o varios de los temas que figuran en los contenidos de la asignatura.

En la selección de la bibliografía, en la elaboración del texto y diseño del cartel que anuncie la actividad y en la preparación de la exposición contarán con la orientación del profesor de la asignatura.

Si se sugieren textos escritos en inglés y francés, la actividad puede realizarse en colaboración con el Departamento de Lenguas Extranjeras, como actividad interdisciplinar.

En concreto si se quiere continuar estudiando la figura de Madame Curie tras la actividad descrita, la revista *Chemistry International* publicó recientemente un monográfico sobre diversos aspectos de Marie Curie,⁵¹ que puede trabajarse en la materia de Lengua Extranjera (Inglés).

También, tanto en la materia de Inglés como de Francés, pueden verse películas o fragmentos de ellas en versión original sobre Madame Curie,^{52,53} haciendo un debate posterior en el que se analice la película en base a lo trabajado anteriormente.

Conclusiones

Considero que la lectura en clase del texto sobre Marie Curie puede ser útil para fomentar la divulgación científica, desarrollar destrezas básicas y despertar el interés de los alumnos por la Ciencia y por seguir profundizando en su estudio, tanto en el campo de la radiactividad como en la obra de otros científicos.

Este modo de trabajar permite desarrollar competencias necesarias para la vida laboral y estudios posteriores:

- Competencia en comunicación lingüística: mediante esta actividad se aprende a construir un discurso, se argumenta y comunica.
- Competencia digital y tratamiento de la información: este trabajo permite la búsqueda, recogida, selección, procesamiento y presentación de la información de diferentes fuentes.
- Competencia para aprender a aprender: permite al alumno/a construir y transmitir el conocimiento científico.
- Competencia en autonomía e iniciativa personal: con esta actividad se contribuye a la formación de un espíritu crítico, capaz de cuestionar dogmas y desafiar prejuicios.

Además esta actividad, unida a la creación de textos sobre otros científicos célebres de la manera expuesta, en cursos claves en los que los estudiantes se orientan hacia un tipo de estudios u otro, puede contribuir a fomentar vocaciones científicas.

No obstante puede aplicarse en otros cursos, tanto de Secundaria como de Universidad, adaptando la bibliografía sugerida y la profundización de los conceptos en función de la asignatura y el nivel al que va dirigido.

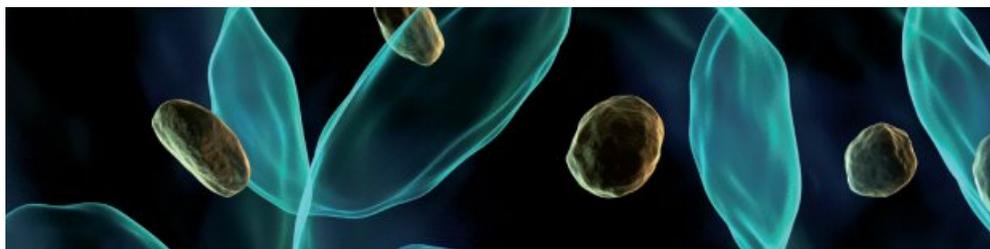
Agradecimientos

Mi agradecimiento a todas las profesoras y profesores que he tenido a lo largo de mi vida, que me han permitido amar la Química y disfrutar enseñándola, y me han transmitido con su trabajo diario, que ser excelente profesional no es una cuestión de género.

Bibliografía

1. Resolución aprobada por la Asamblea General 63/209, Año Internacional de la Química en la 72^a sesión plenaria. 19 de diciembre de 2008. Naciones Unidas, A/RES/63/209. Distr. General 3 de febrero de 2009.
2. <http://euchems.org/IYC11/index.asp>
3. Decreto 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de Bachillerato. *B.O.C.M.* 152, 27 de junio de 2008.
4. http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/marie-curie-photo.html
5. <http://quimicaysociedad.org>
6. http://nobelprize.org/nobel_prizes/
7. <http://www.curie.fr/fr/linstitut-curie/histoire-et-musee-curie/histoire-de-linstitut-curie/histoire-de-linstitut-curie-0020>
8. <http://www.aip.org/history/curie>
9. <http://photos.aip.org>
10. <http://www.staff.amu.edu.pl>
11. http://www.sciencemuseum.org.uk/onlinestuff/stories/marie_curie_and_the_history_of_radioactivity.aspx
12. <http://www.mncn.csic.es>
13. <http://www.nist.gov/pml/general/curie/>
14. J. M. Sánchez Ron, *Marie Curie y su tiempo*, Drakontos Bolsillo. Crítica, Barcelona, **2009**.
15. O. Menéndez, *Bajo la estirpe de Hypatia*, Es ediciones, Madrid, **2009**.
16. M. J. Casado Ruiz de Lóizaga, *Las damas del laboratorio*, Debate, Madrid, **2006**.
17. P. Strathern, *Curie y la radiactividad*, Siglo XXI de España Editorial, Madrid, **1999**.
18. B. Goldsmith, *Marie Curie, genio obsesivo*, Antoni Bosch editor, Barcelona, **2005**.
19. S. Dry, *Curie*, Ediciones Tutor, Madrid, **2006**.
20. D. Brian, *El clan Curie*, Editorial El Ateneo, Buenos Aires, **2007**.
21. M. Gordon, *La descubridora del radio. Madame Curie. Biografía joven*, Casals, Barcelona, **2002**.
22. P. Moore, *E=mc². Las grandes ideas que formaron nuestro mundo*, Lisma Ediciones, Madrid, **2005**.

23. C. Blanco, *Mentes maravillosas que cambiaron la humanidad*, LibrosLibres, Madrid, **2007**.
24. R. M. Roberts, *Serendipia*, Alianza Editorial, Madrid, **2004**.
25. I. Asimow, *Momentos estelares de la ciencia*, Alianza Editorial, Madrid, **2003**.
26. O. Sacks, *El tío Tungsteno*, Compactos Anagrama, Barcelona, **2007**.
27. D. Ganten, T. Deichmann y T. Spahl, *Vida, naturaleza y ciencia*, Taurus, Santillana Ediciones Generales, Madrid, **2008**.
28. <http://gallica.bnf.fr>
29. *Leçons de Marie Curie. Recueillés par Isabelle Chavannes en 1907. Physique élémentaire pour les enfants de nos amis*, EDPS Sciences, Les Ulis, **2003**.
30. M. Curie, *Traité de radioactivité*, Gauthier-Villars, Paris, **1910**.
31. M. Sklodowska Curie, *Recherches sur les substances radioactives*, Gauthier-Villards, Paris, **1904**.
32. M. Curie, *Les rayons α , β , γ des corps radioactives en relation avec la structure nucléaire*, Hermann et C^{ie} éditeurs, Paris, **1933**.
33. M. Curie, *La radiologie et la guerre*. Nouvelle collection scientifique. Librairie Félix Alcan, Paris, **1921**.
34. M. Curie, *Pierre Curie*, Les grands hommes de France, Payot, Paris, **1924**.
35. *Oeuvres de Pierre Curie*, Éditions des archives contemporaines, Gordon and Breach Science Publishers, Montreux, **1984**.
36. *Pierre et Marie Curie. Exposition*, Bibliothèque Nationale, Paris, **1967**.
37. S. B. McGrayne, *Nobel Prize Women: their lives, struggles and momentous discoveries*, Joseph Henry Press, Washington, **1998**.
38. *Nobel lectures. Chemistry 1901–1921*, World Scientific Publishing, Singapore, **1999**.
39. J. Jaramillo, *Lo humano de los genios*, Editorial de la Universidad de Costa Rica, **2003**.
40. M. Bailey, *Marie Curie. A biography*, Greenwood Publishing Group, Westport, **2004**.
41. <http://books.google.es>
42. R. Wolke, *J. Chem. Educ.*, **1988**, 65, 561–563.
43. H. Walton, *J. Chem. Educ.*, **1992**, 69, 11–15.
44. J. Bermúdez, *Química e Industria*, **1995**, 7, 456–459.
45. F. Bayo, *Química e Industria*, **2007**, 568, 31–35.
46. *Seguridad Nuclear*, **2002**, 23, 40–41.
47. *Ciencia e Investigación*, **1998**, 1, 2.
48. *Journal of Electrostatics*, **2009**, 67, 2–3, 524–530.
49. X. Roqué, *Arbor*, **1997**, 156:613, 25–49.
50. H. Kragh, *Introducción a la Historia de la Ciencia*, Editorial Crítica, Barcelona, **1989**.
51. IUPAC's *Chemistry International Publication of Marie Skłodowska Curie: A Special Issue Commemorating the 100th Anniversary of Her Nobel Prize in Chemistry*. http://www.iupac.org/publications/ci/2011/real_pages/Jan11CI/index.html
52. M. LeRoy, *Madame Curie*, Metro Goldwyn Mayer, USA, **1943**.
53. C. Pinoteau, *Les Palmes de Monsieur Schutz*, France 2 Cinéma, France, **1997**.



JORNADAS SOBRE INVESTIGACIÓN Y
DIDÁCTICA EN ESO Y BACHILLERATO

Madrid 19 a 21 de abril de 2012
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Complutense de Madrid

II Congreso de Docentes de Ciencias

(Biología, Geología, Física y Química)

Información y contacto:

<http://CongresoDocentesCiencias.AwardSpace.info>
e-mail: congreso.docentes@gmail.com

Inscripción:

40 € para colegiados, personal y alumnos de la UCM
60 € para no colegiados

Comité organizador:

Dr. Maira González Montero de Espinosa, Grupo de Investigación "Epinu" de UCM
Dr. Alfredo Baratas Díaz, Vicedecano de la Facultad de Ciencias Biológicas, UCM
Dr. Antonio Brandi Fernández, Director Editorial de Santillana

