

Marie Curie



Edgar Serna M.

Fundación Universitaria Luis Amigó
edgar.sernamo@amigo.edu.co

Abstract

María Skłodowska –Marie Curie– opened up the science of radioactivity; it's best known as the discoverer of the radioactive elements polonium and radium, and as the first scientific to win two Nobel prizes: Physics and Chemistry. For their colleagues and the general public, the radium was a key to a basic change in our understanding of matter and energy. Her work not only influenced the development of fundamental science, but also ushered in a new era in medical research and treatment.

Keywords: Marie Curie, radioactivity, polonium, radio, X-rays.

Resumo

María Skłodowska –Marie Curie– foi um pioneiro na ciência da radioatividade, é mais conhecido como o descobridor de elementos radioativos polônio e rádio, e como o primeiro cientista a ganhar dois prêmios Nobel: Física e Química. Para seus colegas e o público em geral, o rádio era a chave para uma mudança fundamental em nossa compreensão da matéria e energia. Seu trabalho não só influenciou o desenvolvimento da ciência fundamental, mas também marcou o início de uma nova era no domínio da investigação e tratamentos médicos.

Palavras-chave: Marie Curie, radioatividade, polônio, rádio, raios-X.

Resumen

María Skłodowska –Marie Curie– fue pionera en la ciencia de la radiactividad; es mejor conocida como la descubridora de los elementos radiactivos polonio y radio, y como el primer científico en ganar dos premios Nobel: Física y Química. Para sus colegas y el público en general, el radio fue la clave para un cambio fundamental en nuestra comprensión de la materia y la energía. Su trabajo no sólo influyó en el desarrollo de la ciencia fundamental, sino que también marcó el comienzo de una nueva era en la investigación y los tratamientos médicos.

Palabras clave: Marie Curie, radioactividad, polonio, radio, rayos-X.

1. Introducción

Cuando se pregunta a las personas por el nombre de una mujer científica importante, la mayoría sólo dudaría un corto período de tiempo antes de responder: "Marie Curie". Las razones parecen obvias: Marie Curie hizo uno de los avances teóricos más importantes del siglo XX cuando postuló que la radiación era una propiedad atómica en lugar de química; fue la primera persona en utilizar el término radiactividad. Sus estudios, luego de una larga búsqueda, culminaron con el descubrimiento de dos nuevos elementos: el polonio y el radio.

Dos aspectos del genio científico de Marie Curie fueron su creatividad y perseverancia. Si bien el descubrimiento imaginativo de la naturaleza atómica de la radiación es quizás su contribución más significativa, sin el otro aspecto, perseverancia, habría sido incapaz de justificar sus hipótesis. Su

trabajo científico la hizo merecedora de dos premios Nobel: uno en física y otro en química.

Al mirar la vida de este notable científico, es fácil imaginar a una mujer severa, una mujer dimensional, tan comprometida con su ciencia que sería incapaz de emociones complejas. Pero un examen más profundo revela una mujer con una infancia que estuvo marcada por la enfermedad, la muerte de la madre y una hermana, y luego la del padre, quien también había quedado marcado por las pérdidas. Su padre luchó para apoyar a los cuatro hijos que le quedaron, como profesor en un régimen opresivo en una Polonia controlada por el zar de Rusia.

La reacción de Marie fue de rechazar las creencias religiosas de su infancia, y comenzar a participar en movimientos políticos. Luego de que muchos obstáculos le impidieran de niña asistir a las

universidades en Polonia, Marie ingresó a una universidad clandestina no oficial.

Con el fin de ganar suficiente dinero para asistir a una universidad extranjera, salió de su casa para convertirse en institutriz. Inmediatamente se enamoró del hijo de sus empleadores, pero esa historia de amor fue un desastre total por lo que Marie desconfiaría en el futuro de cualquier compromiso. Cuando finalmente conoció a Pierre Curie, seguía siendo muy reacia a comprometerse en otra relación. Una vez que decidió confiar sus emociones a Pierre, su lealtad fue inquebrantable, incluso después de la prematura y trágica muerte del primero. Marie amaba a sus dos hijos, pero algunas veces los descuidaba emocionalmente, de la misma forma que ella había sentido el abandono.

Después de la muerte de Pierre, entabló amistad con el físico Paul Langevin, quien estaba casado, y con el que comenzó un romance; este hecho indignó al país entero. De desconsolada viuda, Marie fue retratada como una destructora de hogares. Agotada y enferma después de la controversia, gradualmente se reincorporó a la sociedad. Más tarde, pasó gran parte de su tiempo trabajando para desarrollar un nuevo centro de investigación dedicado a la radiactividad.

Durante la Primera Guerra Mundial estableció una flota de unidades móviles de rayos X, que se transportaban en vehículos especialmente equipados. Después de la guerra, aunque tenía el tiempo para dedicarse a la investigación, el dinero y los suministros eran escasos. Con el fin de abastecer su laboratorio viajó en dos ocasiones a los Estados Unidos y llevó a cabo un trabajo totalmente antiético para su tímida personalidad pública: se convirtió en embajadora para la ciencia en un papel de recaudadora de fondos.

En sus últimos años hizo muchos enemigos masculinos, al interior de una comunidad científica que menospreciaban su trabajo y afirmaban que sus primeros éxitos fueron posibles gracias a Pierre. A medida que su salud declinaba se refugió en su laboratorio, hasta que finalmente no pudo hacerlo por más tiempo. Fue un amado mentor para los científicos más jóvenes del Radium Institute, del que había sido pionera. Acosada por la fatiga, las cataratas y la anemia aguda, valientemente fue al laboratorio y dio clases en la Sorbonne hasta que contrajo una enfermedad terminal. Su amado radio finalmente la mató.

Marie Curie fue una persona muy compleja, un científico creativo y fino, que fue acosada por sus demonios personales pero que logró convertirlos en éxitos. En 1935, un año después de su muerte, Albert Einstein publicó un memorial en su honor en el que atribuyó su descubrimiento, de los dos elementos nuevos, a la intuición y la tenacidad bajo circunstancias inimaginables. Además, concluyó que de toda la gente famosa era la única a quien la fama

no había corrompido. No es de extrañar que cuando pensamos en una mujer de ciencia famosa su nombre siempre esté en primer plano.

2. Vida de Marie Curie

Una biografía es la historia de la vida de un individuo. Ninguna vida se vive en el vacío, y la vida de Marie Curie no fue una excepción. Al entender cómo vivió este destacado científico en el contexto de la ciencia y la sociedad de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, seremos capaces de entender tanto su vida como su ciencia.

Cada individuo es el producto de muchos factores: padres, hermanos, la educación, la formación religiosa, la situación socioeconómica, el cónyuge, los hijos y la historia de los ideales políticos nacionales y sociales. Pero, para la historia de Marie Curie, tanto personas como ciencia fueron fundamentales: familia, amigos y colegas científicos desempeñaron un papel esencial en su vida. Todos la moldearon y fueron moldeados por ella; y para entender a Marie Curie debemos considerar todos estos factores.

Sus logros científicos se convirtieron en el estándar por medio del cual una mujer podía llegar a la ciencia. Su ciencia fue impactada por los relevantes descubrimientos de otros científicos, tanto hombres como mujeres, por lo que a fin de comprender su lugar en la historia de la ciencia es importante tener en cuenta los logros de otros investigadores.

Marie Curie (1867-1934) fue una química francés de origen polaco y pionera en el naciente campo de la radiología, que en dos ocasiones fue galardonada con el Premio Nobel: 1903 en Física y 1911 en Química.

Sus primeros años fueron muy tristes, marcada por la muerte de su hermana y cuatro años más tarde por la de su madre; fue notable por su ética de trabajo diligente, descuidando incluso la comida por el sueño de estudiar. Debido a su género no se le permitía la admisión en cualquier universidad de Rusia o Polonia, por lo que tuvo que trabajar como institutriz durante varios años. Finalmente, con la asistencia monetaria de su hermana mayor, se mudó a París donde estudió química y física en la universidad de Sorbonne, donde se convirtió en la primera mujer en enseñar.

Su trabajo en física le valió una beca y que un grupo de industriales, la Sociedad para el Fomento de la Industria Nacional, le pagara para investigar las propiedades magnéticas de diferentes aceros. Debido a que para llevar a cabo ese trabajo necesitaba un laboratorio, se presentó ante Pierre Curie, en la primavera de 1894, quien le permitió utilizar su laboratorio. Pierre Curie había hecho importantes descubrimientos científicos sobre el magnetismo y los cristales. Como la relación con Pierre progresaba, él la convenció para que se dedicara a la ciencia en París, por lo que nunca más regresó a Polonia. Ella a su vez lo convenció para escribiera su investigación en el magnetismo, y de esta forma pudiera obtener el

título de doctorado, con lo que logró el ascenso a un puesto de profesor.

Se casaron en julio de 1895, y en los siguientes dos años Marie completó su investigación sobre las propiedades magnéticas de los aceros, de la que presentó sus resultados finales poco antes de dar a luz a su primera hija, Irène, en septiembre de 1897. El padre de Pierre, un médico jubilado, fue a vivir con ellos y les ayudaba a cuidarla. Marie comenzó a buscar un tema de investigación con el cual poder obtener un doctorado en ciencias, algo que ninguna mujer en el mundo había logrado hasta entonces.

Junto a Pierre estudiaron los materiales radiactivos, particularmente el uranio *pitchblende*, que tenía la curiosa propiedad de ser más radiactivo que el uranio extraído de él. En 1898 dedujeron una explicación lógica: el *pitchblende* contenía trazas de algún componente radiactivo desconocido que era mucho más radiactivo que el uranio, por lo que el 26 de diciembre Marie anunció la existencia de esta nueva sustancia:

Mis experimentos demostraron que la radiación de los compuestos de uranio se puede medir con precisión bajo determinadas condiciones, y que esta radiación es una propiedad atómica del elemento uranio. Su intensidad es proporcional a la cantidad de uranio presente en el compuesto, y no depende de ninguna de las condiciones de combinación química o circunstancias externas, como la luz o la temperatura. Me propuse descubrir si había otros elementos que poseyeran esa misma propiedad, y con este objetivo examiné todos los elementos hasta entonces conocidos, ya fuera en su estado puro o en compuestos. He encontrado que entre estos cuerpos, los compuestos de torio son los únicos que emiten rayos similares a los de uranio.

Durante el curso de mi investigación había tenido ocasión de examinar no sólo los compuestos simples, sales y óxidos, sino también un gran número de minerales. Algunos demostraron ser radiactivos, los que contienen uranio y torio, pero su radiactividad parecía anormal, ya que era mucho mayor que la cantidad que había encontrado en el uranio y el torio, y que esperaba encontrar en ellos.

Esta anomalía en gran medida nos sorprendió y, cuando me aseguré que no se debía a un error en el experimento, se hizo necesario encontrar una explicación. Entonces me planteé la hipótesis de que el uranio y el torio contienen, en pequeñas cantidades, una sustancia mucho más radiactiva que ellos. Esta sustancia no puede ser uno de los elementos conocidos, porque ya habían sido examinados, sino que debe ser, por tanto, un nuevo elemento químico.

Tenía un deseo apasionado de verificar esta hipótesis lo más rápidamente posible; y Pierre, muy interesado en la cuestión, abandonó su trabajo en los cristales y se me unió en la búsqueda de esta sustancia desconocida.

Elegimos para nuestro trabajo al *pitchblende*, un mineral de uranio que en su estado puro es

aproximadamente cuatro veces más activo que el óxido de uranio. Puesto que la composición de este mineral se conoce a través de análisis químicos muy cuidadosos, podríamos esperar encontrar, como máximo, un 1% de la nueva sustancia. El resultado de nuestro experimento demostró que en realidad había nuevos elementos radiactivos en el *pitchblende*, pero que su proporción no alcanzaba siquiera ¡una millonésima por ciento! [1].

Tras varios años de incesante trabajo refinaron varias toneladas de *pitchblende*, concentrando progresivamente los componentes radiactivos. Eventualmente aislaron inicialmente las sales de cloruro —20 de abril 1902—, y luego dos nuevos elementos químicos: al primero lo llamaron *polonio* en honor del país natal de Marie, y al otro lo llamaron *radio* por su intensa radiactividad.

Otros científicos no confiaban en el anuncio, debido a que los Curie no tenían suficiente polonio y radio para ver y pesar. La existencia de los elementos no se conocía físicamente, pero su radiactividad se podía medir. Los Curie tendrían que separar esos elementos de las otras sustancias con la que se encontraban mezclados. El almacén en la escuela de Pierre era demasiado pequeño para ese trabajo, por lo que debieron continuar su trabajo en un cobertizo abandonado que quedaba cerca.

La Escuela de física no nos podía conseguir un local adecuado, pero a falta de algo mejor, el director nos permitió usar un cobertizo abandonado que había estado en servicio como sala de disección de la Facultad de Medicina. Su techo de cristal no nos ofrecía un completo refugio de la lluvia, el calor era sofocante en verano, y el frío del invierno sólo se disminuía un poco por la estufa de hierro. No teníamos acceso a los aparatos necesarios y adecuados de uso común para los químicos, simplemente eran algunas mesas viejas de madera de pino con hornos y quemadores de gas. Tuvimos que utilizar el patio contiguo para nuestras operaciones químicas que involucraban la producción de gases irritantes, incluso entonces el gas a menudo llenaba nuestro cobertizo. Con este equipo comenzamos nuestro agotador trabajo.

Sin embargo, fue en este viejo cobertizo que dedicamos, los mejores y más felices años de nuestra vida, los días completos a nuestro trabajo. A menudo tuve que preparar el almuerzo en el cobertizo, para no interrumpir alguna operación de especial importancia. A veces tenía que pasar un día entero mezclando una masa de ebullición con una pesada barra de hierro casi tan grande como yo, por lo que quedaba muerta de cansancio al final del día.

Otros días, por el contrario, el trabajo era por algunos minutos, que dedicábamos a la cristalización fraccionada, y consagrados al esfuerzo por concentrar el radio. Yo estaba irritada después por el polvo de hierro y el carbón flotante del que no podía proteger a mis preciosos productos. Pero nunca seré capaz de expresar la alegría y la serena tranquilidad de esta atmósfera de investigación, y la emoción real del progreso con la confiada esperanza de llegar a

resultados aún mejores. La sensación de desaliento que a veces venía después de una fatiga sin éxito no duraba mucho, y daba paso a una renovada actividad. Hemos tenido momentos felices dedicados al tranquilo debate de nuestro trabajo, caminando alrededor de nuestro cobertizo.

Una de nuestras alegrías entró una noche a nuestra sala de trabajo: entonces percibimos por todos lados las siluetas débilmente luminosas de las botellas o cápsulas que contenían nuestros productos. Fue realmente un espectáculo encantador y nuevo para nosotros. Los tubos brillantes parecían débiles luces de Navidad [2].

Las empresas industriales pronto vieron una oportunidad, por lo que ayudaron a los Curie proporcionándoles espacio adicional en los laboratorios, materias primas y apoyo personal. Creció una próspera industria: la extracción de sustancias radiactivas para usos médicos. Como escribió Madame Curie:

Puede ser fácil entender lo mucho que aprecié el privilegio de darme cuenta de que nuestro descubrimiento se había convertido en un beneficio para la humanidad, no sólo a través de su gran importancia científica, sino también por su poder como ayuda eficaz contra el sufrimiento humano y las terribles enfermedades. Esto era realmente una magnífica recompensa para nuestros años de duro trabajo [2].

El radio también fue utilizado por los científicos para realizar experimentos con los átomos. Se confirmó lo que Marie había sospechado: la poderosa energía que presentaba la radiactividad era una propiedad fundamental de todos los átomos de la materia.

Con Pierre Curie y Henri Becquerel, Marie fue galardonada con el Premio Nobel de Física en 1903: "En reconocimiento a los extraordinarios servicios que han prestado por sus investigaciones conjuntas sobre los fenómenos de radiación descubiertos por el profesor Henri Becquerel". Ella fue la primera mujer en recibir un Premio Nobel.

La fama por el Premio Nobel en ocasiones fue difícil de soportar para ambos, como escribió Pierre:

Vemos que la fortuna nos favorece en este momento, pero estos favores de la fortuna no vienen con muchas preocupaciones. Nunca hemos sido menos tranquilos que en este momento. Hay días en los que apenas tenemos tiempo para respirar. Y pensar que soñaba con vivir en la naturaleza, ¡muy alejado de los seres humanos! [3].

En 1906, después de trabajar por la mañana en el laboratorio, Pierre Curie se dirigía a una biblioteca cuando se resbaló en la calle mojada, y cayó delante de un pesado carro tirado por caballos que le pasó por encima de su cabeza matándolo instantáneamente. Madame Curie refleja:

La muerte de mi marido viene inmediatamente después de los reconocimientos generales de los descubrimientos con los que se asocia su nombre, fue sentido por la población y especialmente por los

círculos científicos, por ser una desgracia nacional. Fue en gran parte bajo la influencia de esta emoción que la Facultad de Ciencias de París decidió ofrecerme la silla, como profesor, que había ocupado mi marido sólo por año y medio en la Sorbonne. Fue una decisión excepcional ya que hasta entonces ninguna mujer había ocupado tal posición... El honor que ahora me viene es muy doloroso por las circunstancias crueles de su llegada [2].

Marie Curie se decidió a crear una institución científica digna de la memoria de Pierre. Con la ayuda de sus amigos científicos convenció al gobierno francés y a la Fundación privada Pasteur para financiar el Radium Institute. Marie lideraría ese laboratorio de radiactividad, y como eminente físico llevaría la investigación médica a su laboratorio.

Recibió su segundo Premio Nobel en Química en 1911: "En reconocimiento a sus servicios para el avance de la química por el descubrimiento de los elementos radio y polonio, el aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza y compuestos de este notable elemento". En un movimiento inusual Marie, intencionalmente, no patentó el proceso de aislamiento del radio, dejándolo en su lugar abierto para que la comunidad científica pudiera investigar sin trabas.

En agosto de 1914 Alemania invadió Francia, y casi todo el personal del Radium Institute se enlistó en el esfuerzo bélico. La investigación científica tuvo que detenerse durante la Guerra, y Marie tuvo que buscar de qué forma podría ayudar su ciencia. Insistió en la utilización de unidades de radiografía móvil para el tratamiento de soldados heridos. Estas unidades eran accionadas mediante tubos de emanación de radio, un gas incoloro y radiactivo emitido por el radio, que más tarde sería identificado como el radón. Marie personalmente operaba los tubos, llenándolos con el radio que ella purificaba. Inmediatamente después que comenzó la Guerra, vendió las monedas de oro que ella y su marido habían recibido por el Premio Nobel, para apoyar el esfuerzo bélico. Como escribe Marie durante la Guerra:

El dominante deber impuesto a todos en ese momento era el de ayudar al país en todo lo posible durante la crisis extrema que enfrentaba. No hubo instrucciones generales para los miembros de la Universidad. Le tocó a cada uno tomar su propia iniciativa y las acciones de fondo.

Durante la rápida sucesión de acontecimientos en agosto de 1914, se demostró claramente que la preparación para la defensa era insuficiente. El sentimiento público se inclinó especialmente por realizar muchos de los graves problemas que aparecieron en la organización del Servicio de Salud. Mi propia atención se centró especialmente a esta situación, y pronto encontré un campo de actividad que, una vez entrada en ella, absorbió la mayor parte de mi tiempo y esfuerzo hasta el final de la Guerra, e incluso durante algún tiempo después.

Es bien sabido que los rayos-X ofrecen a los cirujanos y médicos una gran utilidad para el examen de los

enfermos y heridos. Sin embargo, al comienzo de la Guerra, la Junta Militar de Sanidad no tenía división de radiología, mientras que en la organización civil estaba un poco desarrollada. Las instalaciones radiológicas sólo existían en un pequeño número de hospitales importantes, y sólo había unos pocos especialistas en las grandes ciudades. Los numerosos hospitales nuevos que se establecieron en toda Francia en los primeros meses de la Guerra no tenían, por regla general, ninguna instalación para el uso de rayos-X.

Para satisfacer esta necesidad reuní por primera vez todos los aparatos que pude encontrar en los laboratorios y almacenes. Con este equipo se establecieron, en agosto y septiembre de 1914, varias estaciones de radiología, cuya operación fue asegurada por los ayudantes voluntarios a quienes les di las instrucciones. Estas estaciones prestaron un gran servicio durante la batalla del Marne. Pero como no podían satisfacer las necesidades de todos los hospitales de la región de París, me equipé, con la ayuda de la Cruz Roja, de un auto radiológico. Se trataba simplemente de un automotor dispuesto para el transporte de un aparato radiológico completo, junto con una dinamo que trabajaba impulsado por el motor del auto, y que aportaba la corriente eléctrica necesaria para la producción de los rayos. Este auto podría atender el llamado de cualquiera de los hospitales, grandes o pequeños, en los alrededores de París. Los casos urgentes eran frecuentes, ya que estos hospitales tenían que cuidar de los heridos que no podían ser transportados a lugares más lejanos [4].

3. La radiología en la guerra

La historia de la radiología en la Guerra ofrece un sorprendente ejemplo de la insospechada amplitud que la aplicación de los descubrimientos, puramente científicos, puede tomar bajo ciertas condiciones. Los rayos-X sólo habían tenido una utilidad limitada hasta el momento de la Guerra. La gran catástrofe que se desencadenó sobre la humanidad: cifras aterradoras de víctimas acumuladas, planteaba una reacción por salvar todo lo que se podía salvar, y aprovechar todos los medios de preservación y protección de la vida humana.

De inmediato apareció aquí un esfuerzo para sacar de los rayos-X de su máximo rendimiento de servicio. Lo que parecía difícil se hizo fácil y recibió una solución inmediata. El material y el personal se multiplicaron como por encanto. Todos aquellos que no entendían terminaron por aceptar; los que no sabían aprendieron; los que habían sido indiferentes se convirtieron en devotos. Así, el descubrimiento científico alcanzaba la conquista de su ámbito natural de acción. Una evolución similar se produjo en la radioterapia, o la aplicación médica de las radiaciones emitidas por los elementos de radio. ¿Qué debemos concluir de este inesperado desarrollo compartido entre las nuevas radiaciones que nos reveló la ciencia a finales del siglo XIX? Parece que debemos poner nuestra confianza en la investigación desinteresada y aumentar nuestro respeto y admiración por ella [5].

En 1921, Marie Curie llegó de gira por Estados Unidos, donde fue recibida triunfalmente, para recaudar fondos para la investigación sobre el radio. Regresó con un gramo de radio —sólo una partícula, pero tan ferozmente radiactivo que podía alimentar a miles de experimentos— lo mismo que con costosos equipos y dinero en efectivo para el Radium Institute.

En sus últimos años, estaba decepcionada por la cantidad de médicos y fabricantes de cosméticos que utilizaban material radiactivo sin precauciones. Su muerte, cerca de Sallanches Francia en 1934, fue ocasionada por anemia perniciosa aplásica, casi con seguridad debida a su masiva exposición a la radiación en su trabajo. Su hija mayor, Irène Joliot-Curie, ganó el Premio Nobel de Química en 1935, un año después de la muerte de Marie Curie. Su hija menor, Eve Curie, escribió la biografía de Madame Curie después de su muerte.

4. Línea del tiempo de Marie Curie

- 7 de Noviembre/1867: Nace María Sklodowska en Warsaw, Polonia.
- 9 de Mayo/1878: muere la madre de María Sklodowska.
- 12 de Junio/1883: se gradúa de la escuela secundaria logrando la medalla de oro.
- 1 de Enero/1886: comienza a trabajar como institutriz con los Zorawski.
- Marzo/1889: deja su trabajo de institutriz.
- 5 de Noviembre/1891: se registra como estudiante en la Sorbonne.
- Junio/1893: se gradúa en física de la Sorbonne, ocupando el primer lugar de la promoción.
- Julio/1894: se gradúa en matemáticas de la Sorbonne, ocupando el segundo lugar.
- 26 de Julio/1895: se casa con Pierre Curie.
- 12 de Septiembre/1897: nace su hija Irène Joliot-Curie.
- 12 de Septiembre/1898: introduce el término radiactividad en un artículo publicado.
- 18 de Julio/1898: junto a Pierre anuncian el descubrimiento del polonio.
- 26 de Julio/1898: con Gustave Bémont y Pierre anuncia el descubrimiento del radio.
- Diciembre/1903: junto a Henri Becquerel y Pierre recibe el Premio Nobel de física.
- 6 de Diciembre/1904: nace Eve Curie.
- 19 de Abril/1906: muere Pierre en un accidente.
- 5 de Noviembre/1906: se convierte en la primera mujer profesor en la Sorbonne.
- 23 de Enero/1911: se le negó ser miembro de la Academia Francesa de Ciencias.
- Diciembre/1911: obtiene el Premio Nobel de química.
- Agosto/1914: funda el Radium Institute.
- 1914-1919: organiza y opera la unidad de rayos-X móvil durante la Primera Guerra Mundial.
- Mayo-Junio/1921: visita los Estados Unidos para recibir un gramo de radio.

- 1929: segunda visita a los Estados Unidos para recolectar dinero para las investigaciones en radio del Radium Institute.
- 4 de Julio/1934: muere de anemia perniciosa aplásica.
- 20 de Abril/1995: sus restos se ubican en un panteón. Primera mujer en ser honrada por sus logros.

REFERENCIAS

- [1] Curie, P. "Marie Curie". Paris: Les Éditeur Français Réunis. 1903
- [2] Curie, M. "L'isotopie et les belbements isotopes". Paris, bEditbe par la socibetbe "*Journal de physique*". 1924.
- [3] Curie, P. "Una carta a su amigo E. Gouy". 20 de marzo de 1902.
- [4] Curie, M. "Pierre Curie and Autobiographical Notes". New York: The Macmillan Company. 1923
- [5] Curie, E. "Madame Curie". Paris: Gallimard. 1938.

También se consultó en:

- Bensusade-Vincent, B. "Marie Curie: femme de science et de légende". *Reveu du Palais de la découverte*, Vol. 16. No. 157, pp. 15-30. 1988.
- Crawford, E. "The Beginnings of the Nobel Institution. The Science Prizes 1901-1915". Cambridge: Cambridge University Press. 1984
- Gleditsch, E. "Marie Skłodowska Curie". Norwegian: Nordisk Tidskrift. 1959.
- Kandinsky, W. "Look Into the Past 1901-1913: The Blue Rider". New York: Franz Marc. 1945.
- Langevin, A. "Paul Langevin, mon père". Paris: Les Éditeur Français Réunis. 1971.
- Marbo, C. "Souvenirs et Rencontres". Paris: Grasset. 1968.
- McGrayne, S. B. "Nobel Prize Women in Science, Their Lives, Struggles and Momentous Discoveries, A Birch Lane Press Book". New York: Carol Publishing Group. 1993.
- Pflaum, R. "Grand Obsession: Madame Curie and Her World". New York: Doubleday. 1989.
- Quinn, S. "Marie Curie: A Life". New York: Simon & Schuster. 1995.
- Ramstedt, E. "Marie Skłodowska Curie, Kosmos". *Papers on Physics*, No. 12. 1934.
- Reid, R. "Marie Curie". London: William Collins Sons & Co. Ltd. 1974. [Ω](#)