

# Marie-Sklodowska Curie, pionera de la Física Médica y fuente de inspiración para mujeres científicas

## Marie-Sklodowska Curie, pioneer of Medical Physics and inspiration for women scientists

**Guadalupe Martín Martín**

Radiofísica Hospitalaria. Sº de Radiofísica y Protección Radiológica del H. U. de Fuenlabrada.

Fecha de Recepción: 23/02/2017 - Fecha de Aceptación: 24/02/2017

La IOMP (Organización Internacional de Física Médica) celebra cada año el Día Internacional de la Física Médica (IDMP), el 7 de noviembre, en honor al nacimiento de Marie Sklodowska-Curie, un personaje excepcional en la historia de la ciencia y pionera de la Física Médica. Este año, en conmemoración del 150º aniversario de su nacimiento, el IDMP está dedicado a las mujeres en Física Médica. El siguiente artículo sobre Marie Curie describe brevemente su destacada personalidad, su descubrimiento fundamental de la radiactividad y otros logros científicos que la hicieron merecedora de dos Premios Nobel, y su extensa colaboración con la industria, faceta ésta desconocida en general. Finalmente, se hace un breve recorrido por el legado fundamental que dejó a la humanidad en Medicina, en Ciencia y para las mujeres científicas.

**Palabras clave:** Marie Curie, radioactividad, descubrimiento del radio, radioterapia, emprendedora científica.

The International Organization for Medical Physics (IOMP) celebrates annually the International Day of Medical Physics (IDMP) for which the 7th November, the birthday of Marie Sklodowska Curie, a most exceptional character in science at all and a pioneer of Medical Physics, has been chosen. This year, the IDMP is devoted to women in Medical Physics to honour the 150<sup>th</sup> anniversary of Marie Curie's birthday. This article briefly outlines her outstanding personality, her fundamental discovery of the radioactivity and other scientific achievements for which she was awarded two Nobel Prizes, and her extensive collaboration with industry, far less well known. Finally, a brief review of the fundamental legacy she left the humanity in Medicine, Science and for women scientists is presented.

**Key words:** Marie Curie, radioactivity, radium discovery, radium therapy, scientific entrepreneur.

### Introducción

Marie Curie pertenece a ese exclusivo grupo de mujeres cuya fama y reconocimiento mundial han perdurado por más de un siglo. Su descubrimiento del radio y su aplicación fundamental para el tratamiento del cáncer, han supuesto un gran paso para la humanidad. Además, sus logros científicos en el campo de la radiactividad fueron algo más que el resultado de un trabajo sobresaliente; demostraron que una mujer podía tener éxito en el campo de la ciencia, actividad intelectual tradicionalmente prohibida para las mujeres de su época.



**Fig. 1.** Marie Curie.

## Personalidad de Marie Curie

Marie Curie es una de las grandes pioneras de la Historia ya que fue la primera mujer que consiguió alcanzar multitud de metas en muchos y variados campos: fue la primera mujer en obtener un doctorado en física en Francia, en impartir clases y dirigir un laboratorio de ciencias en la Universidad de la Sorbona, en obtener un Premio Nobel (también fue la primera persona en el mundo que obtuvo dos), en ser miembro de la Academia Francesa de Medicina, etc.

Nació en Polonia en 1867 y se trasladó a Francia para realizar estudios universitarios, donde finalmente desarrollaría su carrera científica. Convendría señalar que hace un siglo, habría sido excepcionalmente difícil para una mujer ser reconocida por sus logros científicos sin el apoyo de una figura masculina como un padre, un marido o un hermano. Es significativo, por tanto, el hecho, aparentemente simple, de que Marie Curie firmase como única autora la nota científica presentada a la Academia Francesa de las Ciencias sobre el descubrimiento de la radiactividad. Lo lógico habría sido que su marido Pierre Curie, recientemente incorporado a la investigación de su esposa y que poseía mayor experiencia investigadora, firmase también la nota en calidad de supervisor.<sup>1</sup>

Algunos detalles sobre cómo Marie Curie afrontó ciertos acontecimientos desalentadores en su vida personal, son útiles a la hora de entender su coraje y determinación, que hicieron posible en muchas ocasiones que alcanzara los logros científicos que la caracterizan.<sup>2</sup> En 1910, Marie Curie solicitó ser miembro de la Academia Francesa de Ciencias, la más prestigiosa organización científica de Francia que no había admitido a una mujer desde su creación en 1666. Su solicitud fue rechazada a pesar de haber recibido ya su primer Premio Nobel, y, tras su desestimación, nunca volvió a solicitar su admisión; tampoco su hija, Irène Joliot-Curie, la cual sería galardonada posteriormente con otro premio Nobel. Más tarde, la Academia Francesa de Medicina la nominaría como primera mujer miembro de su institución, en reconocimiento a su importante papel en el inicio de los tratamientos del cáncer con radio.

Ese mismo año, Marie Curie fue acusada por la prensa parisina de iniciar un romance amoroso con el físico francés Paul Langevin, precisamente tres días antes del anuncio de la nominación a su segundo premio Nobel. Svante Arrhenius, un prestigioso químico previamente galardonado también con un Nobel, que había apoyado con entusiasmo la candidatura de Marie Curie, le escribió una carta en la que le sugería que no aceptase el premio debido al escándalo de París, a lo cual Marie Curie respondió:

“La acción que usted me aconseja seguir parecería ser un grave error por mi parte. De hecho, el premio ha sido otorgado por el descubrimiento del radio y del

polonio. Creo que no existe conexión entre mi trabajo científico y los hechos de mi vida privada”.<sup>3</sup>

Acompañada de su hermana Bronia y de su hija Irène, Marie Curie viajó a Estocolmo para recibir su segundo Premio Nobel en persona.

## El descubrimiento del radio

En 1896, tres meses después del descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Röntgen, Henry Becquerel descubre por casualidad un extraño fenómeno en las sales de uranio. Estas emiten un tipo de radiación capaz de velar las placas radiográficas como los Rayos-X. En aquella época, este descubrimiento no tuvo tanto impacto en la comunidad científica como el reciente descubrimiento de los Rayos-X, y el propio Becquerel abandonó su investigación sobre los “rayos uránicos” como él los llamó. En 1897, Marie Curie elige estos rayos uránicos como tema principal para su tesis doctoral.<sup>4</sup> Sin embargo, su enfoque fue muy diferente al de Becquerel. Mientras él se limitó a estudiar los rayos emitidos por el uranio, Marie Curie fue un paso más allá. Empezó a estudiar diferentes compuestos y minerales, en un intento por descubrir otros elementos que emitieran la misma radiación que Becquerel había descubierto.<sup>5</sup>

En tan solo dos meses, Marie Curie diseñó un ingenioso montaje experimental para medir la radiación emitida por la pechblenda, un mineral enriquecido



Fig. 2. Marie Curie en su laboratorio.

con uranio. Para ello empleó una balanza de cuarzo piezoeléctrico desarrollada por su marido Pierre y el hermano de este. No obstante, tanto el diseño del programa experimental como la decisión clave de caracterizar la radiactividad fueron suyos. Dos meses y medio después descubrió la existencia de varios compuestos radiactivos y de una sustancia en particular altamente radioactiva dentro de la pechblenda. Pierre, convencido del interés de la investigación de su esposa, abandonó su propia investigación en el campo de la cristalografía para unirse a la de ella. En julio de 1898, el matrimonio Curie anuncia a la comunidad científica el descubrimiento de un nuevo elemento radiactivo, que denominan polonio en honor al país de nacimiento de Marie Curie. Cinco meses después, anuncian el descubrimiento del radioelemento constituyente de la sustancia altamente radioactiva, que denominan radio.<sup>5</sup> En 1903 Marie Curie, junto con su marido Pierre y Becquerel, es galardonada con su primer Premio Nobel en Física por el descubrimiento de la radioactividad natural. En 1911, obtendría su segundo Premio Nobel, esta vez en solitario y en química, por el descubrimiento del radio y del polonio.

## Marie Curie y la industria del radio

Desde el inicio de las aplicaciones médicas del radio en 1901,<sup>6</sup> se produjo un creciente interés y una fuerte demanda de este elemento por parte de la comunidad médica y científica mundial. Marie y Pierre Curie tuvieron que hacer frente a esta solicitud por parte de la comunidad internacional y compartieron su método científico de extracción del radio sin protegerlo con ninguna patente. Además, iniciaron una colaboración con la industria para obtener el preciado radio, que se encontraba en cantidades ínfimas en la pechblenda. Para ello, tuvieron que importar toneladas de este mineral extraídas de una mina de Bohemia, que financiaron con los ingresos de su propio Premio Nobel.

En 1904, los Curie comenzaron una estrecha colaboración con un químico industrial llamado Armet de Lisle, que proporcionó a Marie Curie un área en su fábrica para su investigación sobre la radiactividad. Esto permitió a Marie Curie tratar varias toneladas de pechblenda para hacer una medición precisa de la masa atómica del radio. En 1907, determinó que era  $226.2 \pm 0.5$ , un valor asombrosamente cercano al aceptado hoy en día de 226.0.

Después de la muerte de Pierre Curie en 1906, Marie Curie mantuvo permanentemente una estrecha colaboración con la industria. Además, dirigió una red de varias fábricas-laboratorios de radio en toda Francia, lo que le ayudó a poner en práctica su programa de investigación. De hecho, Marie Curie consiguió rápidamente el abastecimiento de uno de los mayores

suministros de material radiactivo en el mundo, en contraste con otros científicos de la época, para los que la obtención de este material les resultaba muy difícil. Tal fue el caso del célebre Ernest Rutherford, que se limitó al estudio de los aspectos físicos de la radioactividad.<sup>7</sup>

Por otra parte, Marie Curie abordó muchos problemas relativos a la industria, como el desarrollo de una práctica estándar para procesos químicos, la creación de mapas geológicos de depósitos de minerales radiactivos y el diseño de instrumentos portátiles para medir la radioactividad, entre otros.<sup>5</sup>

## Marie Curie y la metrología

Tras la muerte de Pierre Curie, Marie Curie dirigió el Laboratorio de la *rue Cuvier* centrado en la investigación de la radiactividad. Este laboratorio publicó un total de 179 artículos científicos, incluyendo su *Tratado Fundamental de la Radioactividad*.<sup>8</sup>

Durante los años 1910-1914 se produjo una enorme expansión de la industria del radio y una alta demanda por el creciente número de profesionales que utilizaban radioelementos. Esto creó la necesidad de una medición estándar de la radioactividad, en la que Marie Curie desempeñó un papel fundamental.

En 1910, un comité de expertos adoptó el curio como unidad internacional de medida de la radiactividad según el consejo de Marie Curie, a la que se le encargó también la creación del patrón primario estándar de la radiactividad, tarea que realizó en tan solo dos años.<sup>9</sup> Además, creó un servicio comercial acreditado para la calibración de muestras de radio y su laboratorio pronto se convirtió en el organismo nacional e internacional de referencia para la metrología de la radiactividad.

## El Instituto del Radio

En 1914, justo antes del estallido de la Primera Guerra Mundial, el laboratorio Curie se trasladó al recién construido Instituto del Radio. El Instituto fue concebido por Marie Curie como el primer centro multidisciplinar que albergaría la investigación en física, química, ciencias aplicadas, metrología y medicina. La decisión de crear este Instituto por parte del decano de la Universidad de París y del director del Instituto Pasteur, fue el resultado conjunto del éxito extraordinario de la terapia con radio para tratar el cáncer, y de la notoriedad y perseverancia de Marie Curie ante la propuesta de crear un laboratorio independiente para el desarrollo de la radiactividad y sus aplicaciones.<sup>5</sup>

Durante la guerra, fue necesario cesar las actividades del recién inaugurado Instituto del Radio. No

obstante, Marie Curie no interrumpió sus tareas científicas y docentes. Consiguio recaudar fondos para dotar 18 vehículos militares con equipos de rayos X, siendo los primeros equipos móviles de rayos-X de la historia, los famosos *Petite Curies*, que resultaron muy útiles para trasladarlos a los campos de batalla. Además, en 1916 creó un servicio de tubos radioactivos de radón para el ejército, cuyo objeto era tratar las heridas de los soldados en el frente, y realizó labores de docencia a enfermeras y soldados estadounidenses sobre técnicas de los equipos de rayos X.

Marie Curie dirigió el Instituto del Radio entre 1914 y 1934, que en pocos años se convertiría en una de las instituciones de investigación de la radiactividad más importantes en todo el mundo. Junto con Claudius Regaud, encargado de las aplicaciones biológicas y médicas de la radiactividad, crearía la Fundación Curie en 1920 y poco tiempo después, la primera clínica dedicada a radioterapia.<sup>10</sup> La Fundación Curie se convertiría en una de las organizaciones más importantes para el tratamiento del cáncer a nivel mundial y posteriormente evolucionaría al Instituto Curie, que en la actualidad sigue siendo un centro de referencia especializado en la investigación y tratamiento del cáncer.

## El legado científico de Marie Curie

Poco antes de morir, Marie Curie estaba presente en el Instituto del Radio cuando su hija Irène Joliot-Curie y su yerno Frédéric Joliot-Curie descubrieron la radiactividad artificial. Posteriormente, Frédéric recordaría así ese momento:

“Nunca olvidaré la expresión de intensa alegría que le alcanzó cuando Irène y yo le mostramos el primer elemento radiactivo (producido artificialmente) en un pequeño tubo de vidrio. Aún puedo verla sujetando ese pequeño tubo con el radioelemento, ya bastante debilitada, con sus dedos dañados por el radio. Para comprobar lo que le estábamos contando, ella acercó el contador de Geiger-Müller a la muestra y pudo oír los numerosos *clics*... Esto fue sin duda la última gran satisfacción de su vida”.<sup>3</sup>

Marie Curie falleció en 1934 a causa de una leucemia y posteriormente, Irène y Frédéric continuaron su trabajo.

Tras su muerte, dejó un enorme legado a la ciencia –fundó una nueva disciplina científica y formó a numerosos profesionales en el campo de la física nuclear y la radioquímica–. Además, siempre mantuvo la consigna



Fig. 3. Marie Curie en la conferencia La Solvay, 1927.

de que “la terapia debe ser respaldada permanentemente por la investigación científica sin la cual no es posible el progreso”.<sup>4</sup>

## El legado de Marie Curie en medicina

Marie Curie también dejó un gran legado a la medicina, tal y como se puede deducir de lo que escribió en 1923 sobre las implicaciones de su descubrimiento del radio:<sup>11</sup>

“Los primeros experimentos con éxito en Francia sobre las propiedades biológicas del radio se llevaron a cabo con muestras de nuestro laboratorio, mientras que mi marido todavía estaba vivo. Los resultados fueron enseguida alentadores, de modo que la nueva rama de la ciencia médica, llamada radioterapia (en Francia, curiterapia) se desarrolló rápidamente, primero en Francia y a continuación en otros países (...). La radioterapia y la producción de radio se desarrollaron conjuntamente, y los resultados fueron cada vez más importantes para el tratamiento de varias enfermedades, y en particular del cáncer.

Puede comprenderse fácilmente cómo aprecié el privilegio de darnos cuenta de que nuestro descubrimiento se había convertido en un beneficio para la humanidad, no sólo por su gran importancia científica, sino también por su poder de acciones eficaces contra el sufrimiento humano y esa terrible enfermedad. Esta



**Fig. 4.** Marie Curie y cuatro de sus estudiantes entre 1910 y 1914.

fue ciertamente una magnífica recompensa para nuestros años de duro trabajo”.

Tras el descubrimiento del radio, en seguida se observó que cuando se introducía el radioelemento en el cuerpo humano tenía efectos bastante dañinos o incluso mortales, además de poseer también la capacidad de destruir los tumores malignos. Esto dio lugar a una nueva técnica de terapia con radio para tratar el cáncer llamada braquiterapia. La investigación sobre nuevos radioelementos, como el cobalto radiactivo con una actividad específica de más de 1000 veces la del radio, dio lugar a la técnica de radioterapia externa. Las “bombas de radio” fueron reemplazadas progresivamente por bombas de cobalto y finalmente por los aceleradores lineales médicos de la actualidad.

## El legado de Marie Curie para las mujeres científicas

“¡Es una mujer la que está al cargo de la investigación y de las numerosas aplicaciones de la radiactividad... tiene todo un equipo de mujeres doctoras y universitarias ayudándola y compartiendo el trabajo del laboratorio!”.<sup>12</sup>

Así es como una periodista francesa señalaba el excepcional número de mujeres presentes en el laboratorio de Marie Curie en 1927. Ella les abrió sus puertas, de forma que en promedio formaban alrededor de un 30% del personal del laboratorio, cifra nada despreciable teniendo en cuenta que es la misma proporción de mujeres pertenecientes a la Sociedad Española de Física Médica en la actualidad. Además, el trabajo realizado por estas mujeres en el laboratorio era un reflejo de todas las actividades realizadas en él, mientras que en otros países estas mismas actividades eran realizadas exclusivamente por hombres, quedando las mujeres relegadas a tareas subalternas o rutinarias.

## Agradecimientos

Este artículo ha sido inspirado principalmente en dos artículos: “Marie Curie: scientific entrepreneur” de Soraya Boudia<sup>5</sup> y “Marie Curie’s contribution to Medical Physics” de Jean Claude Rosenwald et al.<sup>4</sup> Agradezco también la cuidadosa revisión del manuscrito por parte de Magdalena Stoeva y Alfonso López Fernández.

## Referencias

1. Hélène Langevin-Joliot. Marie Curie and her time. Chemistry International. Enero-febrero 2011.

2. Eugene L. Saenger y Gloria D. Adamek. Marie Curie and nuclear medicine: closure of a circle. *Med Phys* 26(9), septiembre 1999.
3. S Quinn. Marie Curie. Simon y Schuster, New York, 1995.
4. Rosenwald Jean-Claude y Fridtjof Nüsslin. Marie Curie's contribution to Medical Physics. *Phys Med* 2013;29:423-5.
5. Boudia Soraya. Marie Curie: scientific entrepreneur. *Physics World*. Diciembre 1998.
6. Danlos H, Bloch p. Note sur le traitement du lupus érythémateux par des applications du radium. *Annals Dermatolog et Syphilolog* 1901;2:986-8.
7. John Campbell. Ernest Rutherford: scientist supreme. *Physics World*. Septiembre: 35-40.
8. Curie M. *Traité de radioactivité*. Paris: Gauthier-Villars; 1910.
9. Curie M. Les mesures en radioactivité et l'étalon du radium. *Journal de Physique* 1912;2:795-826.
10. Curie M, Regaud C. pour le development de L'Institute du Radium de Paris et pour l'avenir de la radiumthérapie en France. Paris: Institute du Radium; 1920.
11. M. Curie, Pierre Curie, editado por Charlotte and Vernon Kellogg (Macmillan, New York, 1923).
12. Boudia Soraya. Marie Curie and women in Science. *Chemistry international*. Enero-febrero 2011.



## KNOWLEDGE-BASED TREATMENT PLANNING

### Increase Quality. Reduce Repetition.

Imagine a world where you can unlock the knowledge of your best plans to create the right plan. That's the power of RapidPlan™ knowledge-based planning. Innovative software that helps clinics leverage existing clinical knowledge to create quality plans – quickly and consistently. That means moving beyond templates to create fully customized plans to help you provide the best care for your patients.

**Streamline your planning process!**



Learn more at [varian.com/RapidPlan](http://varian.com/RapidPlan)  
[info.europe@varian.com](mailto:info.europe@varian.com)

**VARIAN**  
medical systems