

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



La oscuridad de las brillantes chicas del radio



Instalaciones de la United States Radium Corporation en 1922, antiguamente ubicada en Orange, Nueva Jersey, en los Estados Unidos. Imagen de dominio público del Laboratorio Nacional Argonne.

Octavio Alonso Lara Lima

Radio, aún hay alguien
que te ama.
Radio Ga Ga, Queen

Octavio Lara Lima es graduado de la licenciatura de Física de la UNAM, ayudante de investigador emérito en el Taller de Radiaciones II de la Facultad de Ciencias, y el Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores del Instituto de Física, ambos de la UNAM. Forma parte del taller de Cienciograma (www.cienciograma.com) a quien agradecemos la autorización para reproducir este texto. Agustín López Munguía.

Introducción

Ésta es la historia de las chicas del radio, un caso de contaminación radiactiva que sucedió en las primeras décadas del siglo XX por condiciones laborales abusivas. Conozcan su lucha, su brillo y los daños que produce el Radio (Ra) al ser humano, no para satanizar la radiactividad sino para reconocer los errores humanos y las precauciones necesarias que conllevan ciertos trabajos.

Actualmente para trabajar con materiales radiactivos es primordial la seguridad de las personas, sus bienes y el medio ambiente, pero no siempre fue así y las razones son variadas. Por ejemplo se sabe que Marie Curie murió en 1934 por una anemia aplásica, un trastorno que impide la generación de células sanguíneas en la médula ósea, probablemente generada por la radiación y contaminación a las que estuvo expuesta durante sus años pioneros en los estudios sobre la radiactividad, cuyos efectos nocivos eran desconocidos. Pero hubo casos en que los efectos nocivos eran hasta cierto grado conocidos y aún así hubo omisiones graves que terminaron en tragedias. Una de esas historias fue la de las chicas del radio, mujeres que a costa de su vida lograron mejores condiciones laborales para los trabajadores estadounidenses y contribuyeron a que se crearan normas de seguridad industrial.

"Me sentaba solo y miraba tu luz"

La historia de las chicas del radio comenzó en 1914 con la fundación de la empresa *Radium Luminous Material Corporation* en la ciudad de Nueva York. Para tener un mejor contexto de la época, fue el año en que empezó la Primera Guerra Mundial y Pancho Villa tomó la ciudad

de Zacatecas en plena revolución mexicana. La *Radium Luminous* se dedicaba a la aplicación comercial de pintura luminosa hecha a partir de sus fórmulas patentadas, principalmente en diales de relojes –carátulas y manecillas– para que sus compradores pudieran ver la hora en lugares oscuros. A finales del siglo XIX las pinturas luminosas estaban basadas en sustancias fosforescentes o capaces de absorber radiación electromagnética –luz– para después emitirla en una longitud de onda diferente a la que se absorbió, además el fenómeno se caracteriza por un retraso de tiempo entre la absorción y emisión de energía, que puede ser hasta de algunas horas. Esto era un inconveniente, porque limitaba la utilidad de los aparatos o instrumentos de uso nocturno, y además era necesario un ambiente iluminado durante el día para que tales sustancias pudieran almacenar la energía del Sol. Pero cuando en 1898 Marie Curie aisló por primera vez el radio (Ra) en estado puro, un elemento radiactivo (1), parecía haber llegado una solución.

Los elementos radiactivos emiten espontáneamente partículas o radiación electromagnética, por ejemplo, una muestra de radio lo hará durante decenas de cientos de años, por eso es factible combinarlo con un material fosforescente que emite luz en el espectro visible. La combinación de sulfuro de zinc con radio produce una gran luminiscencia de color verde, y fue esa mezcla la que se usó durante décadas en las pinturas luminosas usadas en diales de relojes y otros objetos de uso común. Cabe mencionar que tal mezcla pierde intensidad con el tiempo por la degradación estructural del cristal de sulfuro de zinc y no porque se agote el radio.



Ejemplo de un reloj con diales radioluminiscentes pintado en la década de los 50 del siglo pasado. Imagen bajo licencia de Creative Commons.

En 1917 los Estados Unidos entraron a la Primera Guerra Mundial y las operaciones de la *Radium Luminous* se expandieron ampliamente con la concesión de contratos militares para pintar di-

versos objetos de campo para el ejército, como relojes, velocímetros para autos y puntos de mira para pistolas. Al final de ese año la empresa contaba con 300 trabajadores y tres instalaciones para aplicar pintura en Newark, Jersey City y Orange, además hacían exploración minera y producción de radio. Sus actividades posteriormente se redujeron y para 1921 sólo quedó un puñado de trabajadores. Entonces *Radium Luminous* sufrió una reestructuración y cambió su nombre a *United States Radium Corporation*. Cabe señalar como curiosidad que en ese año y hasta 1923 empezó a trabajar como director del laboratorio de investigación de esta empresa el Dr. Victor Franz Hess, quien sería galardonado con el Premio Nobel de Física en 1936 por su descubrimiento de la radiación cósmica, así que se trataba de una empresa que contó con personal altamente calificado. Los relojes y otros objetos luminiscentes se hicieron populares entre la población y la empresa volvió a crecer y en todos esos años contrataron específicamente mujeres para pintar a mano tales objetos; además ofrecían un sueldo que estaba por encima de la media de la época, por lo cual era un trabajo atractivo. La *Radium Corporation* no fue la única empresa que empleó sustancias radiactivas para sus pinturas, pero fue la primera y la más grande, y su fórmula conocida como *Undark* probablemente fue la más venenosa por su alta concentración de radio.



Publicidad del Undark en 1920. Como pueden ver la pintura con radio se podía aplicar a muchas cosas comunes del hogar: ¿no encierras tus zapatos en la noche?, ¿necesitas encontrar una lámpara o el teléfono cuando se vaya la luz?, ¿tienes que dispararle a alguien desde la oscuridad y se te cayó la pistola?, usa Undark y problema resuelto. Imagen de dominio público.

"Vemos las estrellas"

El gran problema en la aplicación de pintura luminiscente fueron los métodos empleados por las empresas. Hoy en día la mayoría de nosotros tenemos la noción de que tocar un material radiactivo seguramente nos producirá algún daño, pero hace un siglo no era claro para la mayoría de la población. Así que imaginemos que vives a principios del siglo XX durante la guerra o la posguerra, ayudas a tu país y a tu familia en tiempos de incertidumbre económica y piensas que tienes suerte por haber conseguido un empleo bien remunerado

en la *Radium Corporation*. En tu primer día ves instalaciones agradables y el supervisor te explica algunas cosas en realidad poco importantes. Llegas a tu mesa de trabajo y ves diversos objetos junto a un frasco con pintura brillante y un pincel, tu trabajo es pintar relojes, lámparas, etc. con finos y delicados trazos, pan comido. Pero después de algunas pinceladas, el pincel pierde su forma y te indican que para afinarlo nuevamente uses tus labios y lengua... y te dicen los supervisores que no tengas miedo porque la única consecuencia de consumir el *Undark* son mejillas más rosadas. Pasan algunas semanas y te enteras de que la razón por la que brilla la pintura es un material llamado radio, que además has visto que se vende como un elixir médico y que dicen que es capaz de curar casi todo molestar. Parece mágico como su mismo brillo te hace pensar que seguramente el radio es algo bueno. Llegas a trabajar al día siguiente y ves cómo tus jóvenes compañeras juegan con esa pintura brillante, decoran sus vestidos, se pintan las uñas, los labios y los dientes. Algunas les llevarán una brillante sorpresa a sus novios en la noche, ellos seguramente quedarán absortos con la idea de que sus chicas relucen como si fueran estrellas. Lo anterior es un relato macabro, personalmente se me eriza la piel al pensar en todo ello, pero fue cierto y cientos de mujeres durante años se envenenaron radiactivamente sin que tuvieran la menor idea.

"Radio gaga, radio goo goo"

Para saber qué consecuencias tiene el radio en el cuerpo humano primero es necesario entender algunas cosas. La *Radium Corporation* usaba Ra-226 en sus pinturas, el isótopo más estable del radio. En el núcleo de un átomo hay neutrones y protones, estos últimos son los que definen sus propiedades químicas. Un átomo de radio siempre tendrá 88 protones en su núcleo, de lo contrario sería otro elemento químico. Los neutrones se encargan de mantener estable el átomo y su número en el núcleo puede variar. Así

podemos tener el Ra-226 con 88 protones y 128 neutrones o el Ra-228 con 88 protones y 130 neutrones, y así otros más; todos ellos son isótopos del radio. Un número definido de protones y neutrones recibe el nombre de núcleo. Los elementos químicos que vemos en una tabla periódica son los isótopos más abundantes o más estables de cada elemento representado, pero la colección completa de todos los átomos que existen podemos verla en una tabla nuclear, donde todos son núcleos. Algunos por ser radiactivos reciben el nombre radionúcleos y tienen características propias. Al decaer radiactivamente un radionúcleo, puede suceder que se desexcite y emita radiación electromagnética –llamada rayos gamma– o que expulse partículas y se transforme en un nuevo elemento. El Ra-226 emite rayos alfa, una partícula compuesta de dos protones y dos neutrones, y también rayos gamma en menor número. Tiene una vida media de 1,620 años, es decir que si inicialmente tenemos una muestra de Ra-226, después de dejar transcurrir dicho lapso veremos que sólo quedan la mitad de los átomos originales, y si dejamos pasar otro lapso igual se vuelve a reducir a la mitad el número de átomos que restaban y ahora sólo tenemos una cuarta parte de los originales, y así sucesivamente. Este dato es importante: imagina que

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



en tu cuerpo entraron 10,000 átomos de Ra-226, entonces 5,000 de ellos van a decaer en un periodo de 1,620 años, aproximadamente tres por año. Así que podrán imaginar que no se requiere una gran cantidad de radio para que una persona muera en el lapso de unos pocos años. Sin entrar en detalles de unidades y haciendo ciertas aproximaciones, se calcula que las pintoras recibieron por lo menos una dosis de tolerancia por ingestión de radio entre 50 y 500 veces mayor a la actualmente estipulada para evitar efectos nocivos en la salud de las personas.

Los rayos alfa son partículas altamente energéticas (2) pero con poco poder de penetración: no pueden penetrar la piel y una armadura hecha de simple papel sería súper efectiva para detenerlos. En cambio, su emisión dentro del cuerpo por la ingesta o respiración de material radiactivo es altamente tóxica, puesto que toda su energía se deposita en los tejidos. Dicha energía se traduce en una gran capacidad de ionización o formación de partículas cargadas eléctricamente que actúa principalmente sobre el agua, una molécula abundante en los seres vivos. La descomposición del agua da paso a la formación de radicales libres que son sustancias químicas muy activas, que interactúan con las moléculas de las células, dañándolas. Las lesiones celulares tienen tres posibles caminos: uno, la célula es reparada y no pasa nada; dos, la célula no es reparada y se produce un retardo en la división celular o la célula muere por apoptosis—muerte celular programada—; y tres, la célula sufre alguna transformación que puede generar algún tipo de cáncer. En general, el daño producido en el ser humano por radiación ionizante depende de la naturaleza de la radiación, la energía depositada en el tejido y la sensibilidad del tejido irradiado. El contacto directo con el radio es muy peligroso. Arnold von Sochocky, el inventor del *Undark*, era consciente de ello y en un artículo publicado en 1922 expuso los beneficios del material en la industria y la ciencia, pero también escribió: "una onza de radio (28 gramos) en un tubo de vidrio ordinario que es transportado por un hombre en el bolsillo de su cadera, lo mata en 10 horas, destruye sus tejidos y huesos. Si un hombre lleva un gramo de radio durante dos días, el resultado es fatal. La manipulación descuidada de tubos de vidrio con 25 miligramos de radio causa heridas profundas en los dedos del operador". Irónicamente Sochocky murió en 1928 a causa de su invento por una anemia aplásica—afección de la médula ósea—. También Pierre Curie y Henri Becquerel llegaron a sufrir lesiones en la piel por sus trabajos con dicho elemento.



Pintoras de diales de reloj de una fábrica en Ottawa, Illinois. Estas mujeres trabajaban en 1924 para la Radium Dial Company, otra empresa que también usó radio en sus pinturas. Foto del DailyGlow.

Todo lo anterior nos da una idea de lo grave que puede ser un envenenamiento radiactivo. Pero además de la incorporación de material radiactivo, había radiación ionizante en el lugar de trabajo de las pintoras de la *Radium Corporation*, porque el lugar estaba contaminado. En

1994, en un trabajo publicado por el Dr. Robert E. Rowland, ex director del Centro de Radiobiología Humana en el Laboratorio Nacional Argonne en los Estados Unidos, se estimó que la incorporación de radio-226 y la exposición a la radiación gamma presente en el área de trabajo fueron probablemente suficientes para que varios trabajadores experimentaran lo que hoy se denomina como síndrome de radiación aguda. Dicho síndrome produce náuseas y vómitos a las pocas horas de la exposición, y si el material entra por el tracto digestivo en suficientes dosis puede ocasionar pérdida de apetito, dolor abdominal, fiebre, diarrea, deshidratación, sangrados y un

estado de shock. ¿Cuántas trabajadoras presentaron algunos de estos síntomas?, a ciencia cierta no se sabe porque son efectos tempranos que seguramente la *Radium Corporation* silenció rápidamente o la causa no se atribuyó correctamente por desconocimiento de los médicos.

"Tuviste tu tiempo, tuviste el poder"

En el mismo año de 1922 cuando Sochocky publicó los pros y contras del radio, a una cajera de un banco llamada Grace Fryer se le cayeron los dientes sin una razón aparente, además sufrió un intenso dolor e inflamación de la mandíbula. Grace buscó ayuda y finalmente un médico auxiliado por una máquina de rayos X, observó una degradación ósea nunca antes vista, la mandíbula de Grace tenía pequeños agujeros dispersos aleatoriamente, como si estuviera en un estado de putrefacción; esta condición después fue nombrada como mandíbula de radio. Con el tiempo y la aparición de más casos de mujeres con alguna afectación, se estableció que todas habían trabajado alguna vez para la *Radium Corporation* como pintoras, así que Grace buscó a sus ex compañeras y las encontró moribundas o ya muertas. No obstante logró convencer a cuatro de ellas para que juntas entablaran una demanda que increíblemente no prosperó sino hasta 1927.



Cuando se descubrió la radiactividad, parecía ser la respuesta a todo y salieron al mercado una gran cantidad de objetos con radio, aun después del caso de las chicas del radio. Podías untarte cremas con radio para ser más bella, tomarlo con chocolate para tener más energía o incluso fumarlo. Imágenes obtenidas en Pinterest y Gizmodo.

La *Radium Corporation* era una contratista del ejército de los Estados Unidos, así que tenía cierta influencia y dinero, e hizo todo lo posible por detener la demanda de Grace y compañía. Sobornaron a médicos y dentistas para que dieran fallos a su favor, ocultaron informes y hasta compraron a algunos médicos para que dijeran que las mujeres estaban completamente sanas. También se encargaron de desprestigiar a las chicas con el argumento de que murieron por sífilis. Cuando gracias a la presión mediática se procedió a la demanda, intentaron aplazar el juicio lo más posible con el objetivo de lograr que las mujeres murieran antes; verdadera-

mente fue una lucha entre David y Goliat. La prensa fue quien bautizó a estas mujeres como *The Radium Girls*. Las chicas no estuvieron conscientes del problema del radio hasta que fue demasiado tarde, pero la empresa siempre supo del peligro, los gerentes y científicos tomaban las precauciones necesarias y usaban máscaras, guantes y pantallas de plomo para evitar la contaminación o exposición a la radiación ionizante, incluso contaban con bibliografía al respecto; el radio es más radiactivo que el uranio.

Sólo se puede concluir una cosa de la *Radium Corporation*, que sus dueños y encargados tuvieron padre, hermanos, abuelos, pero nunca tuvieron madre. Para la justicia no fue suficiente que las chicas se desmoronaran literalmente ante sus ojos, requerían más evidencias. Por ejemplo, para demostrar la presencia de radio en un esqueleto, los científicos exhumaron huesos de una pintora fallecida y los trataron física y químicamente para al final colocarlos en un cuarto oscuro durante 10 días junto a un papel fotográfico. Si los huesos eran radiactivos, la radiación afectaría el papel, pero se realizó este procedimiento con huesos de una persona no afectada. El papel que fue expuesto a los huesos de la pintora mostró intensas manchas blancas que contrastaban con su color negro, el papel con los huesos no afectados no mostró impresión alguna. Aquí cabe la pregunta de por qué los huesos, y es por otra monería del radio: químicamente se comporta como el calcio. Cuando llega al estómago, aproximadamente el 20% no se excreta sino que se metaboliza y se deposita en los huesos, de donde no hay manera de expulsarlo, así que con el tiempo los destruye. Pero también afecta la médula ósea provocando anemias y sangrados que no pueden ser detenidos; una alta contaminación produce tanta necrosis que no da tiempo de morir de cáncer, muchas pintoras murieron así. Además el radio decae inmediatamente en radón, un gas radiactivo que a través de la vía sanguínea ingresa a los pulmones donde puede decaer en polonio—que también es radiactivo, emite rayos alfa y puede aumentar el riesgo de cáncer de pulmón—o salir del cuerpo por exhalación. Las chicas tenían tanto radio que se podía medir el radón que exhalaban, el aire que expulsaban era radiactivo. En fin, hay muchos detalles médicos en cada caso, tantos que no los podría abordar en este espacio.

"Todavía está por llegar tu mejor momento"

El juicio se resolvió en 1928, pero no todas las chicas litigantes sobrevivieron, y las que lo hicieron no podían ponerse en pie o necesitaban ayuda, porque sus huesos se habían vuelto de cristal y levantarse implicaba que se rompieran los tobillos o la cadera, por ejemplo. Hubo un acuerdo fuera de la corte, la *Radium Corporation* ofreció una indemnización menor a la que buscaban las demandantes, que fue aceptada debido a las constantes postergaciones del juicio de las formas más ridículas: fue una victoria agria. Grace Fryer quien fue la primera persona en levantar y ganar una demanda por condiciones laborales abusivas, por fin murió en 1933. Se estima que alrededor de 4,000 pintoras fueron expuestas a las



Fotografía de Grace Fryer. Si bien la prensa y los equipos de médicos y científicos fueron determinantes para que el caso de las mujeres envenenadas tuviera relevancia, fue la determinación de Grace al exponer todos los abusos citados la que evitó más muertes. Se ha reconocido que el caso incluso sirvió para establecer directrices de seguridad en investigaciones con materiales biomédicamente similares al radio, por ejemplo, en el Proyecto Manhattan. Imagen de dominio público obtenida en Pinterest.

pinturas con radio, se desconoce el número de personas que murieron por intoxicación y los efectos perjudiciales por su proximidad en familiares y amigos.

El trágico caso de las chicas del radio no fue en vano, sentaron un precedente jurídico en los derechos de los trabajadores y generaron mejores condiciones sobre todo para los que manipulaban material radiactivo o estaban expuestos a la radiación ionizante, ya que por ejemplo la pintura con radio siguió en uso hasta la década de los 60. Hoy en día las personas que trabajan con fuentes radiactivas deben recibir por ley la capacitación adecuada acorde a sus funciones y estar bajo un sistema de protección radiológica para evitar efectos nocivos, además existen organismos que vigilan el cumplimiento de los reglamentos dispuestos. La radiactividad no es mala, es un fenómeno natural que siempre ha estado presente en la historia del universo, no hay por qué tenerle miedo, pero sí mucha precaución. Esta historia no debe dejarnos la idea de que el radio es el diablo, tiene isótopos que actualmente se estudian como posible tratamiento para ciertos tipos de cáncer, esperemos que con el tiempo también lleguen historias de curación. Por cierto, en la naturaleza el radio está presente prácticamente en todas partes, incluso puede ingresar a nuestro cuerpo vía el agua y los alimentos; si eso no te deja dormir puedes leer más sobre el tema en *Cienciorama* (3).

Lecturas Recomendadas

Hacia la Regla de Oro: Química y Radiación (<http://www.cienciorama.unam.mx/#titulo/382/?hacia-la-regla-de-oro-quimica-y-radiacion>) *Cienciorama*.
La tabla periódica de los núcleos (<http://www.cienciorama.unam.mx/#titulo/395/?la-tabla-periodica-de-los-nucleos>) *Cienciorama*.
Nuestro mundo radiactivo. (<http://www.cienciorama.unam.mx/#titulo/433/?nuestro-mundo-radiactivo>) *Cienciorama*

Bibliografía

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1990). Toxicological profile for radium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
Blum D. (2011), "Life in the Undark", *Plos Blogs*, 25 de marzo.
Fry, S. A. (1998), "Studies of US radium dial workers: an epidemiological classic", *Radiation Research*, 150(5s), S21-S29.
Historic American Engineering Record HAER NJ-121 (1996), National Park Service.
Martland H. S., Conlon, P. y Knef, J. P. (1925), "Some unrecognized dangers in the use and handling of radioactive substances: with especial reference to the storage of insoluble products of radium and mesothorium in the reticulo-endothelial system", *Journal of the American Medical Association*, 85(23), 1769-1776.
Moore K., *The Radium Girls: the dark story of america's shining women*, Sourcebooks, United States, 2017.
Victor F. Hees-Biographical. Nobelprize.org. Consultado el 27 de abril de 2017. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1936/hess-bio.html