

ROENTGEN Y BECQUEREL

por G. JARAMILLO MADARIAGA

Entre el mes de diciembre del año que acaba de expirar y el mes de marzo del presente año, se cumple el primer cincuentenario de los dos descubrimientos científicos que más han contribuído al rápido avance de la ciencia durante los últimos diez lustros: los rayos X y la radioactividad. Los dos sabios, cuyos nombres, hermanados en la ciencia, encabezan estas modestas líneas de homenaje, pertenecieron a dos pueblos con frecuencia enfrentados por los azares de la guerra y que, hoy, todavía palpitantes de odio, contemplan aterrados el panorama apocalíptico de miseria y devastación producido por la más feroz de las contiendas.

Wilhelm Konrad Von Roentgen nació en Lennep, Alemania, el 27 de marzo de 1845; se doctoró en Zurich en 1868 y fue profesor de física en Honhenheim, Estrasburgo, Giesen y Wurzburg. En esta última ciudad, en las postrimerías del año de 1895, hizo el trascendental descubrimiento de los rayos X que le valió la medalla Rumford de la Royal Society. En 1901 le fue concedido el premio Nobel de física, no sólo por el descubrimiento que lo ha hecho famoso sino también por sus numerosas e importantes investigaciones en diversas ramas de la física. Roentgen murió en Munich el 10 de febrero de 1923 a los 78 años de edad.

En la época del descubrimiento de los rayos X hacía ya 143 años que Watson había observado diversos aspectos de la descarga eléctrica en el vacío; había transcurrido casi medio siglo desde que Plucker inició el descubrimiento de los rayos catódicos mediante sus valiosas investigaciones sobre la acción de los imanes en las descargas verificadas en tubos evacuados; hacía 26 años que Hittorf había aportado nuevas luces sobre la natura-

leza de esta descarga y un poco más de tres lustros que Sir William Crookes, basado en minuciosos experimentos, había lanzado su famosa teoría sobre la naturaleza corpuscular de los rayos catódicos y el cuarto estado de la materia. Más recientemente, Lenard, mediante su tubo, provisto de un diafragma de aluminio, había logrado sacar un haz de rayos catódicos fuera de la ampolla y había observado la fosforescencia producida por estos rayos en varias substancias y sus efectos sobre las placas fotográficas.

Algunos han tratado de desvirtuar el descubrimiento de Roentgen atribuyéndolo a mera casualidad; pero es un hecho que la casualidad, por sí sola, no produce ciencia. Si hemos de creer en narraciones, más o menos verosímiles, la caída de una manzana madura en un huertecillo de Inglaterra, la desviación de una veta en el mástil de una barca del Támesis y las oscilaciones de una lámpara en la penumbra de la catedral de Pisa, jamás habrían explicado la gravitación universal, ni la aberración astronómica, ni las leyes del péndulo sin el genio de un Newton, de un Bradley, de un Galileo... A nadie se le había ocurrido que los efectos fluorescentes y fotográficos de los rayos Lenard podían deberse a otras radiaciones distintas de estos rayos. Fue necesario el espíritu científico, el poder de observación y la paciencia de Roentgen para descubrir el hecho y comprobarlo.

No tenemos a la mano documentos que nos permitan dilucidar, sin lugar a duda, si fue o no un incidente fortuito lo que indujo a Roentgen a descubrir los rayos X, ya que en su primera comunicación al mundo científico nada dice al respecto, aunque es posible que, más tarde, él hiciese algún relato pormenorizado de la manera en que se inició su descubrimiento. No obstante, nos permitiremos algunas conjeturas sobre el particular, sugeridas por un cuidadoso análisis de su comunicado.

El hecho de haber una pantalla de platinocianuro de bario entre los aparatos de Roentgen no parece casual. Aunque en su comunicación menciona el tubo de Lenard en segundo lugar, es muy posible que en aquellos momentos se ocupara en estudiar la fluorescencia producida en el platinocianuro de bario por el haz catódico que emergía de dicho tubo, que era, de los tres mencionados en su comunicación, el único recientemente descubierto.

Lo primero que debió llamar la atención de Roentgen fue el hecho de que la fluorescencia de la pantalla se produjese aún a considerable distancia del tubo, a pesar de que ya se sabía que los rayos Lenard eran casi completamente absorbidos por unos

pocos centímetros de aire atmosférico. Pero es muy probable que la observación culminante que precipitó el descubrimiento que el sabio no pudo abstenerse de mencionar en el primer párrafo de su comunicación, aunque en lugar secundario a la descripción de la envoltura de papel negro del tubo, fuese la de que la fluorescencia de la pantalla se produce *independientemente del hecho de si el lado sensibilizado o el reverso se vuelve hacia el tubo de descarga*. Esta trascendental observación, determinada o no por la casualidad, debió convencer a Roentgen de que se trataba de un agente de un poder de penetración muy superior al de los rayos de Lenard. El tubo envuelto en papel negro, punto de partida de la comunicación de Roentgen, surgió, posiblemente, de una idea posterior a esta observación, con el fin de comprobar si el misterioso agente penetrante provenía de la luz visible que emanaba directamente del cristal fluorescente del tubo.

Según las anteriores suposiciones, el orden en que se sucedieron las tres observaciones básicas de Roentgen fue, quizás, inverso al que el distinguido profesor consideró conveniente adoptar para dar una forma netamente académica a las primeras líneas de su comunicado.

Dada la comodidad para la observación que ofrecía el descubrimiento de poder colocar la pantalla entre el tubo y el observador, con la superficie sensibilizada vuelta hacia éste y no hacia el tubo, es lógico suponer que el siguiente paso de Roentgen sería el estudio del grado de transparencia de distintos cuerpos para el nuevo agente, ya que tal estudio podía hacerse en condiciones ideales si se tiene en cuenta que el objeto examinado sólo quedaba separado de la capa fluorescente por el delgado espesor de la pantalla, produciéndose así una sombra muy nítida que se ofrecía directamente ante los ojos del experimentador. Es muy probable que, al colocar distintos objetos que se hallaban a su alcance, como llaves, lápices, etc., contra el reverso de la pantalla, Roentgen percibiera en el campo fluorescente la silueta de los huesos de su propia mano; pero, en tal caso, no sería éste el hecho casual que determinara el descubrimiento, como se ha supuesto, sino un fenómeno secundario, lógicamente esperado, que, tarde o temprano, el sagaz experimentador habría llegado a proveer con toda precisión mediante un simple raciocinio. Cualquier investigador aficionado, desprovisto del profundo espíritu científico de Roentgen, se habría apresurado a redactar una comunicación basada, exclusivamente, en tan espectacular fenómeno; pero Roentgen, en su comunicación, simplemente lo

menciona entre los numerosos ejemplos que ilustran la mayor o menor opacidad de distintas substancias para la nueva radiación, cuya naturaleza únicamente parece preocuparle.

Transcribimos a continuación los párrafos más importantes de la comunicación de Roentgen *Über eine neu Art von Strahlen*, tomada de las actas de la Sociedad Físico-Médica de Wurzburg del mes de diciembre de 1895. Estos párrafos los hemos traducido literalmente, sacrificando la elegancia a la forma original, de la cuidadosa versión inglesa de George F. Barker que aparece en la obra del profesor W. F. Magie, *A Source Book in Physics*.

“1.—Si la descarga de un carrete de inducción de buen tamaño se hace pasar a través de un tubo evacuado de Hittorf, o a través de un tubo de Lenard, de una ampolla de Crookes o de otro aparato semejante que haya sido suficientemente evacuado, estando el tubo cubierto con un delgado cartón negro que lo ciñe con suficiente precisión y si el conjunto se coloca en un cuarto completamente obscuro, se observa, a cada descarga, una brillante iluminación de una pantalla de papel recubierto con platinocianuro de bario, colocada en las inmediaciones de la bobina de inducción, siendo la fluorescencia, así producida, completamente independiente del hecho de si el lado sensibilizado, o el reverso, se vuelve hacia el tubo de descarga. Esta fluorescencia es visible aun estando la pantalla de papel a una distancia de dos metros del aparato.

“Es fácil comprobar que la causa de la fluorescencia emana del aparato de descarga y no de otro punto cualquiera del circuito conductor.

“2.—Lo más sorprendente de este fenómeno es el hecho de que aquí un agente activo pasa a través de una cubierta de cartón negro, la cual es opaca para los rayos visibles y ultravioletas del sol y del arco eléctrico; agente que, además, tiene el poder de producir activa fluorescencia. Por lo tanto, investigaremos, ante todo, el asunto de si otros cuerpos también poseen esta propiedad.

“Pronto descubrimos que todos los cuerpos son transparentes para tal agente, aunque en grado muy distinto. Paso a dar unos pocos ejemplos: el papel es muy transparente; detrás de un libro empastado, de unas mil páginas, vi la pantalla fluorescente iluminarse con gran brillo, ofreciendo la tinta de imprenta escasamente un obstáculo perceptible. De la misma manera, la fluorescencia aparecía detrás de un doble paquete de naipes; una sola carta, sostenida entre el aparato y la pantalla, era casi im-

perceptible para el ojo. Una hoja sencilla de papel de estaño es, también, casi imperceptible; sólo después de haber colocado varias capas, una sobre otra, su sombra se hace distintamente visible en la pantalla. Gruesos bloques de madera son, también, transparentes, ofreciendo las tablas de pino de dos o tres centímetros de espesor sólo una ligera absorción. Una plancha de aluminio, de unos quince milímetros de espesor, a pesar de debilitar seriamente la acción, no hizo desaparecer la fluorescencia por completo. Hojas de caucho duro, de varios centímetros de espesor, todavía permiten el paso de los rayos. Las placas de vidrio del mismo grueso se comportan de muy distinto modo, según contengan plomo (vidrio flint) o no; las primeras son mucho menos transparentes que las últimas. Si se coloca la mano entre el tubo de descarga y la pantalla, la sombra, más oscura, de los huesos, se ve dentro de la ligeramente oscura silueta de la mano. El agua, el bisulfuro de carbono y varios otros líquidos, examinados en vasijas de mica, aparecen también transparentes. No me ha sido posible descubrir que el hidrógeno sea, en grado considerable, más transparente que el aire. Detrás de planchas de cobre, plomo, oro y platino, la fluorescencia puede reconocerse aún, siempre que el espesor de las planchas no sea demasiado grande. El platino, en un espesor de dos décimas de milímetro, es aún transparente; las planchas de plata y cobre pueden ser todavía más gruesas. El plomo, en un espesor de un milímetro y medio, es, prácticamente, opaco y, debido a esta propiedad, este metal es con frecuencia muy útil. Una varilla de madera de sección cuadrada (20 X 20 milímetros) uno de cuyos lados se pinta de blanco con pintura de plomo, se comporta de manera diferente según la forma en que se coloque entre el aparato y la pantalla. Su acción es casi nula cuando los rayos X lo atraviesan paralelamente al lado pintado, en tanto que la varilla proyecta una sombra oscura cuando se hace que los rayos la atraviesen perpendicularmente al lado pintado. En serie similar a la de los metales puros, sus sales pueden ordenarse con respecto a su transparencia, ya sea en forma sólida o en solución.”

.....

En numerales subsiguientes de la comunicación, Roentgen relata varios experimentos: algunos relativos a los efectos fotográficos de sus rayos; otros a las características que los diferencian de los rayos catódicos, tales como su mayor poder de penetración y el hecho de no ser desviados por un imán. También describe sus experimentos para probar la propagación rectilí-

nea de dichos rayos y su carencia de refrangibilidad al pasar por prismas y lentes fabricados de varias substancias. Establece, además, que el foco de emisión de los rayos X es el punto de la ampolla herido por el haz principal de rayos catódicos y comprueba que la propiedad de emitir rayos X, por el impacto de los rayos catódicos, no es exclusiva del vidrio sino que también la ofrecen otras substancias. La parte final de su comunicación dice así:

“17.—Al considerar el problema sobre la naturaleza de los rayos X, los cuales, como hemos visto, no pueden ser rayos catódicos, podemos, quizás, en un principio, inclinarnos a considerarlos como luz ultravioleta, debido a su activa fluorescencia como a sus acciones químicas. Pero, al obrar así, nos encontramos en oposición con consideraciones de gran peso. Si los rayos X son luz ultravioleta, esta luz debe tener las siguientes propiedades:

“a) Al pasar del aire al agua, bisulfuro de carbono, sal de roca, vidrio, zinc, etc., no sufre una apreciable refracción.

“b) Por ninguno de los cuerpos mencionados puede ser reflejada en grado apreciable.

“c) No puede ser polarizada por ninguno de los métodos ordinarios.

“d) Su absorción no es influenciada por ninguna otra propiedad de las substancias tanto como por su densidad.

“Es decir, debemos suponer que estos rayos ultravioletas se comportan de una manera completamente distinta de los rayos ultrarrojos, visibles y ultravioletas conocidos hasta hoy.

“No he podido llegar a esta conclusión y, por consiguiente, he buscado otra explicación.

“Parece existir cierto género de afinidad entre los nuevos rayos y los rayos luminosos; por lo menos así lo indica la formación de sombras, la fluorescencia y la acción química producidas por ambos. Ahora bien, sabemos, desde hace largo tiempo, que puede haber en el éter vibraciones longitudinales además de las vibraciones luminosas transversales; y, según la opinión de diferentes físicos, estas vibraciones tienen que existir. Su existencia, es verdad, no ha sido comprobada hasta el presente y, por lo tanto, sus propiedades no han sido investigadas mediante experimentación.

“No deben, por consiguiente, los mismos rayos ser atribuidos a vibraciones longitudinales en el éter?

“Debo confesar que en el curso de la investigación he llegado a confiar más y más en la exactitud de esta idea y, por lo tanto, me permito anunciar esta conjetura, aunque me doy cuenta perfectamente de que la explicación dada necesita todavía mayor confirmación”.

El 9 de marzo de 1896 Roentgen presentó una segunda comunicación relativa a la descarga de los cuerpos electrizados por la acción de los rayos X, en la cual afirma que el efecto similar de los rayos catódicos, descrito mucho antes por Lenard, se debe, en realidad, a los rayos X originados por los rayos catódicos.

El descubrimiento de Roentgen tuvo inmediatamente una gran resonancia no sólo en el mundo científico sino también en el ambiente popular. En el campo de la medicina, sobre todo, causó una conmoción semejante a la que ha producido la utilización de la energía atómica en nuestros días. Sin pérdida de tiempo el gobierno alemán ordenó la investigación de las posibilidades del nuevo agente en la cirugía militar y ya a fines de febrero de 1896 se había generalizado el empleo de los rayos X para el examen de las fracturas y localización de cuerpos extraños en el organismo. En aquella época la exposición requerida para una radiografía era de 20 minutos, mientras que en los modernos aparatos la exposición puede ser hasta de una fracción de segundo.

Resultaría interminable la enumeración de las múltiples aplicaciones de los rayos X en la ciencia y en la industria. Nos limitaremos a mencionar su enorme influencia en la evolución de la física y de la química durante los últimos cincuenta años.

Los fenómenos de absorción, emisión y fotoeléctricos de los rayos X han hecho accesible para la ciencia un vasto campo de la física atómica y han contribuido a consolidar y a perfeccionar valiosas hipótesis sobre la naturaleza de la materia y de la energía. La difracción de los rayos X mediante las redes atómicas y moleculares de los cristales, descubierta en 1912 por Von Laue, ha hecho posible el estudio de la forma en que se agrupan los átomos en las moléculas de los cristales. Por medio del espectro de difracción, en combinación con una red seleccionadora especial, se ha obtenido recientemente, con cristales de hexametilbenceno, una imagen fotográfica que reproduce la estructura del núcleo bencénico en forma que concuerda admirablemente con la estructura hexagonal prevista por la teoría. La opacidad de los distintos elementos para los rayos X permitió el descubrimiento del *número atómico*. En 1923 Coster y Hevesy, mediante

el espectro de los rayos X, descubrieron el elemento número 72, que se llamó *Hafnium*, cuyo lugar se hallaba vacante en el sistema periódico.

Uno de los descubrimientos más trascendentales, debido a la influencia del descubrimiento de Roentgen, fue el de la radioactividad, llevado a cabo por el científico francés Becquerel.

*
* *

Enrique Becquerel, vástago de una familia de investigadores, nació en París el 15 de diciembre de 1852. Su abuelo, Antonio César Becquerel, fue un científico de mérito en la época napoleónica y se distinguió por sus importantes trabajos sobre electricidad y electroquímica. Su padre, Edmundo Becquerel, llevó a cabo valiosísimas investigaciones sobre la luz y la electricidad, especialmente sobre fotoquímica y acerca de la fosforescencia de los compuestos de uranio y de ciertos sulfuros.

El espíritu científico y los trabajos académicos de sus antepasados influyeron decisivamente en las inclinaciones del joven Becquerel, quien sucedió a su padre en la cátedra del Museo de Historia Natural. Estudió en la Escuela Politécnica, donde fue nombrado profesor en 1895. En 1896 descubrió la radioactividad y obtuvo el premio Nobel en 1903. Becquerel murió en Croisic el 25 de agosto de 1908, a la edad de 56 años.

El descubrimiento de los rayos X, con su poder penetrante y efectos fotográficos, indujo a Becquerel y a otros investigadores a buscar efectos semejantes en la fluorescencia provocada en varias sustancias por las radiaciones solares. Becquerel experimentó, especialmente, con los compuestos de uranio, cuya fluorescencia había sido estudiada por su padre unos treinta años antes.

A continuación nos permitimos traducir, de la obra de Magie ya citada, la parte más importante de la comunicación de Becquerel, *Sur les radiations émises par phosphorescence*, aparecida en *Comptes Rendus*, Vol. 122, año 1896.

“En una sesión anterior, M. Ch. Henry anunció que la fosforescencia del sulfuro de zinc, expuesto a los rayos que emanan del tubo de Crookes, aumentaba la intensidad de las radiaciones que atraviesan el aluminio.

“Luégo M. Niewenglowsky percibió que el sulfuro de calcio

fosforescente emite radiaciones que pasan a través de cuerpos opacos.

“El mismo hecho se manifiesta con varios otros cuerpos fosforescentes y, en particular, con sales de uranio cuya fosforescencia dura apenas corto tiempo.

“Con el doble sulfato de uranio y de potasio, del cual poseo cristales en forma de una delgada costra trasparente, he verificado el siguiente experimento:

“Envolví una placa fotográfica Lumière, de emulsión bromurada, en dos hojas de papel negro lo suficientemente grueso para que la placa no se velara con una exposición al sol durante todo un día. Coloqué sobre el papel una lámina de la substancia fosforescente y expuse el conjunto al sol por varias horas. Cuando revelé la placa fotográfica vi en el negativo la silueta, en negro, de la substancia fosforescente. Si colocaba, entre la substancia fosforescente y el papel una moneda o una pantalla metálica, perforada con figuras en calado, la imagen de estos objetos aparecía en el negativo.

“Los mismos experimentos pueden ensayarse con una delgada lámina de vidrio, colocada entre la substancia fosforescente y el papel, lo cual excluye la posibilidad de una acción química, proveniente de los vapores que pueden emanar de la substancia cuando se calienta por los rayos del sol.

“Podemos, por consiguiente, sacar de estos experimentos la conclusión de que las substancias fosforescentes en cuestión emiten radiaciones que penetran el papel, que es opaco a la luz, y reducen las sales de plata.”

.....

“Insisto, especialmente, en el siguiente hecho que me pareció de extraordinaria importancia y que no concuerda con los fenómenos que se esperaba observar: la misma costra de cristales, colocada respecto a la placa fotográfica en las mismas condiciones y actuando a través de las mismas pantallas, pero protegida de la excitación de los rayos incidentes y conservada en el obscuro, aún produce el mismo efecto fotográfico. Permítaseme relatar cómo fui llevado a hacer esta observación: entre los experimentos anteriores algunos se habían alistado el miércoles 26 y el jueves 27 de febrero y, como en esos días el sol sólo se había mostrado intermitentemente, mantuve mis dispositivos listos y volví a poner los porta-placas en la obscuridad, en un cajón del armario, y dejé en su lugar las costras de sal de uranio. Como el sol no volvió a mostrarse por varios días, desarrollé las placas

el 1º de marzo, esperando hallar las imágenes muy débiles. Las siluetas aparecieron, al contrario, con grande intensidad. Inmediatamente pensé que la acción podría llevarse a cabo en la obscuridad y arreglé el siguiente experimento:

“En el fondo de una caja, hecha de cartón opaco, coloqué una placa fotográfica y, luégo, sobre el lado sensible coloqué una costra de sal de uranio, de forma convexa, de manera que solamente tocaba la emulsión en unos pocos puntos; después, al lado, coloqué sobre la misma placa otra costra de la misma sal, separada de la emulsión por un delgada lámina de vidrio; esta operación fue llevada a cabo en el cuarto oscuro. La caja se tapó, se encerró luégo en otra caja de cartón y se colocó en el cajón del armario.

“Hice lo mismo con un porta-placas cerrado mediante una lámina de aluminio, en el cual coloqué una placa fotográfica, y puse encima una costra de sal de uranio. El conjunto se encerró en una caja opaca y se dejó dentro de un cajón. Después de cinco horas desarrollé las placas y las siluetas de los conglomerados de cristales aparecieron negras, lo mismo que en el experimento anterior, como si se hubiesen vuelto fosforescentes por la luz. En el caso de la costra que fue colocada directamente sobre la emulsión, hubo una acción en los puntos de contacto ligeramente diferente de aquélla bajo las partes de la costra que se hallaban, poco más o menos, a un milímetro de la emulsión; la diferencia puede atribuirse a las distintas distancias de los focos de radiación activa. La acción de la costra colocada sobre la lámina de vidrio fue muy ligeramente debilitada, pero la forma de la costra quedó muy bien reproducida. Finalmente, al pasar por la lámina de aluminio, la acción se debilitó considerablemente, pero, sin embargo, fue muy clara.

“Es importante observar que este fenómeno no parece atribuible a radiaciones luminosas emitidas por fosforescencia, puesto que, al cabo de una centésima de segundo, estas radiaciones se hacen tan débiles que son escasamente perceptibles.”

.....
“Todas las sales de uranio que he estudiado, se vuelvan o no fosforescentes con la luz, ya sea cristalizadas o en solución, me han dado resultados semejantes. Esto me ha inducido a pensar que el efecto es una consecuencia de la presencia del elemento uranio en estas sales y que el metal daría efectos más intensos que sus compuestos. Un experimento verificado hace algunas semanas con el uranio pulverizado del comercio, que ha perma-

necido durante largo tiempo en mi laboratorio, confirmó esta suposición; el efecto fotográfico es considerablemente mayor que la impresión producida por cualquiera de las sales de uranio, especialmente por el sulfato de uranio y de potasio.”

.....
Esta comunicación de Becquerel, comparada con la de Roentgen, nos muestra un fuerte contraste en la psicología de estos dos hombres. El sabio teutón, en su rigidez racial, o quizás infundadamente receloso de que su hallazgo pueda ser atribuído a un simple azar, se abstiene de suministrar detalles sobre los hechos iniciales que lo llevaron a su descubrimiento y empieza a describir sus experimentos en la forma fría e impersonal de un texto de física. En cambio, el científico francés parece sentirse orgulloso de que la casualidad haya acudido al servicio de su genio y, con característica expansibilidad latina e ingenuidad de sabio, relata, con todos los pormenores, sin omitir las fechas ni los días de la semana, la feliz coincidencia de aquellos pocos días sin sol que influyeron tan decisivamente en el descubrimiento de la radioactividad del uranio, descubrimiento que, dos años más tarde, llevaría a los esposos Curie a descubrir el rádium.

Cuán lejos se hallaban los parisienses de aquella época de imaginar que esos días sin sol, de fines de febrero de 1896, determinarían, casi medio siglo más tarde, en la remota ciudad japonesa de Hiroshima, una terrífica explosión que iluminaría, con el brillo enceguedor de muchos soles, la más espantosa de las catástrofes planeadas por la mente humana!

Medellín, enero de 1946.

