

## CENT ANYS DEL DESCOBRIMENT DELS RAIGS X. LA SEVA RECEPCIÓ A CATALUNYA

**Antoni Roca Rosell**

ETS d'Enginyers Industrials, Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya

*Paraules clau: Barcelona, Bofill, difusió de l'electromagnetisme, Facultat de ciències. Universitat de Barcelona, física de les radiacions, Fontserè, Lozano, mitjans per a la recerca, Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona.*

One Hundred Years of the Discovery of X Rays. Their Reception in Catalonia

*Abstract: The discovery of X Rays in November-December 1895 marks one of the cornerstones in the change from "Classic" to "New" Physics. As the production of X rays was easy, the discovery spread fast and soon reached all parts of the world. As soon as they obtained knowledge of the new radiation physicists and physicians in Barcelona started to work in two separate groups. In mid February 1896, both groups had made X rays and gave public demonstrations. After the production of X rays physicists in Barcelona attempted to carry out experimental research. However, these experiments were discontinued. These physicists, nevertheless, pioneered some time later the development of another speciality, Meteorology.*

*Key words: Barcelona, Bofill, diffusion of Electromagnetism, Facultat de ciències. Universitat de Barcelona, Physics of radiations, Fontserè, Lozano, research resources, Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona.*

En les darreres dècades del segle XIX es desencadenà un procés de descobertes que serien l'escenari de la crisi de l'anomenada física "clàssica". D'entre aquestes descobertes destaca la dels raigs X, que tingué lloc el novembre-desembre del 1895 i de la qual podem celebrar el centenari. Els raigs X són, en el llenguatge actual, una radiació de freqüència alta, més alta que el que esperaven els científics de final del segle XIX. De fet, encara no havien entrat en la física de l'àtom, en el context de la qual s'expliquen les radiacions que són possibles en diferents circumstàncies. A l'època en què foren descoberts els raigs X, la "realitat" dels àtoms era encara una hipòtesi útil per explicar molts fenòmens de la química i de la física, però de la qual no es disposava d'evidències concloents. La producció de raigs X, paradoxalment, contribuï a desenvolupar la física atòmica.

El descobriment dels raigs X tingué lloc aparentment d'una manera casual, com a fruit del treball d'observació sistemàtica "exhaustiva" del seu descobridor, el físic alemany Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923), que obtingué el 1900 el primer premi Nobel de

Física.<sup>1</sup> És en aquest sentit experimentalista i com a qüestió de fortuna que és tractat en la major part d'històries de la física escrites fins fa uns vint anys, aproximadament.<sup>2</sup>

Dins la historiografia moderna de la física, però, hom ha subratllat que la descoberta dels raigs X provocà un cert desassossec entre els investigadors de l'època, per tal com havien estat detectats amb uns instruments molt corrents en els laboratoris de l'època; hom els havia detectat sens dubte, però havien passat desapercebuts perquè no entraven en les previsions teòriques de l'època.<sup>3</sup> L'accessibilitat dels instruments i la relativa facilitat d'obtenir raigs X afavorí la seva ràpida difusió arreu del món, però el fet de no haver estat reconeguts abans com una nova radiació posava en qüestió la capacitat explicativa de la teoria establerta fins llavors. La sensació que s'havia estès poc abans d'estar prop del "final" de la física —perquè "tot" hauria estat estudiat— canvià radicalment. Aquesta pertorbació en els ambients físics, però, resultà ser un estimulament molt important per al desenvolupament de les noves idees. Wheaton (1983) ha defensat que l'esforç d'explicació dels raigs X, que no acabaven de sotmetre's als esquemes teòrics del que es considerava una radiació, preparà la hipòtesi de la dualitat ona-corspuscle els anys 1920, un dels eixos de la mecànica quàntica.

Des d'un punt de vista més pràctic, per altra banda, els raigs X esdevingueren un ajut inestimable no solament en el camp de la medicina (radiografies, radioteràpia), sinó en el mateix laboratori de física, en proporcionar una font d'energia de radiació fàcil i manejable. De tota manera, el gran impacte social dels raigs X tot just descoberts fou per la possibilitat que tingueren els metges i cirurgians de veure a través de la pell en una varietat insospitada de situacions, com la localització d'una bala, d'una fractura en un os o algunes tumoracions.

El descobriment de l'existència dels raigs X se situa en la recerca experimental i teòrica que es portava a terme l'últim terç del segle XIX sobre els raigs catòdics i, en general, sobre els fenòmens que tenien lloc en un tub de buit sotmès a una forta diferència de potencial. Quan descobrí la nova radiació, Wilhelm Konrad Röntgen treballava al seu laboratori de la Universitat de Würzburg fent experiències amb raigs catòdics.

Havia estat el britànic William Crookes (1832-1919) qui havia adquirit una gran notorietat a partir dels anys 1870 estudiant experimentalment les descàrregues elèctriques en tubs de buit, descàrregues que a potencials prou elevats produeixen una lluminositat que omple el tub. Crookes, com altres investigadors del seu temps, sobretot els britànics, creia que aquesta radiació estava composta per partícules de matèria,<sup>4</sup> tot i que altres propietats

<sup>1</sup> Una síntesi molt útil de la seva biografia i de les seves aportacions, així com de la primera difusió del descobriment dels raigs X es troba a Turner (1975). L'acció de Röntgen en la comunitat de les ciències exactes a l'Alemanya de fi de segle és tractada per McCormach, Jungnickel (1986).

<sup>2</sup> Vegi's, per exemple, Pap (1961) o Whittaker (1951-53), I, 357-359, entre d'altres. Pel que fa una discussió del descobriment, vegeu Shamos (ed.) (1959).

<sup>3</sup> Khun (1962: capítol VI; 1983).

<sup>4</sup> El 1897 J.J. Thomson demostrà que els raigs catòdics estan compostos per partícules que resultaren ser els electrons.

justificaven la denominació de "raigs", és a dir, el seu caràcter de llum, ondulatori. Al continent, sobretot en els ambients alemanys, els raigs catòdics eren estudiats dins de l'electromagnetisme i l'òptica. Les propietats corpusculars es justificaven mitjançant vòrtexs de l'èter, que era considerat com el mitjà universal de propagació dels senyals electromagnètics. El físic alemany Philip Lenard havia posat de manifest que els raigs catòdics podien sortir del tub (uns pocs centímetres) a través d'una finestra d'alumini molt fi.

El 8 de novembre de 1895, el professor Röntgen tenia el tub de buit completament embolicat amb cartró negre per estudiar el fenomen posat en relleu per Lenard i s'adonà que es produïa una fluorescència en una pantalla que tenia prop del tub, però que era massa lluny perquè els raigs catòdics en fossin els causants. Portat per la seva meticulositat, començà a aïllar el fenomen i a analitzar-lo. Descartà completament que es tractés de raigs catòdics i s'arriscà a pensar que s'havia topat amb una radiació desconeguda.

Amb aquesta hipòtesi, Röntgen portà a terme al seu laboratori una recerca experimental molt meticulosa, sense comentar res amb ningú, excepte amb la seva dona, fins que el 28 de desembre presentà la seva descoberta públicament a la Societat Físico-Mèdica de Würzburg, a temps perquè el treball aparegués publicat a les actes de l'entitat... amb data de 1895! (Röntgen, 1895) D'aquesta manera, hom associa la nova radiació a l'any 1895 i al nom de Röntgen i, en canvi, tots els altres desenvolupaments d'altres investigadors corresponen al 1896 i a dates posteriors.

La nova radiació, que anomenà "X" per indicar que era incògnita, desconeguda, tenia com a propietat més espectacular la seva gran penetrabilitat en molts materials que resultaven més o menys transparents al seu pas. D'aquesta manera, per exemple, obtingué imatges dels ossos d'una mà de la seva dona, amb la qual cosa la seva aplicabilitat a la medicina quedava molt clara. Els raigs, per altra banda, no solament induïen fluorescència, sinó que impressionaven una placa fotogràfica. Röntgen no aconseguí desviar-los en un camp magnètic (cosa que volia dir que no eren corpusculars ni raigs catòdics), però tampoc no pogué posar de manifest algunes propietats típiques de la llum, com ara una reflexió regular, tot i que li semblà clar que els raigs X eren una nova radiació. Per explicar les diferències de comportament amb la llum ordinària, Röntgen s'aventurà a proposar que es podria tractar de vibracions *longitudinals* de l'èter.<sup>5</sup>

Els primers dies del 1896, poc més d'una setmana després de la seva presentació pública, diferents científics europeus (d'Alemanya, Anglaterra, França, Itàlia,...) reberen separades del treball de Röntgen i començaren a divulgar el descobriment en els cercles científics dels seus països. Aquesta difusió, tanmateix, abastà únicament els cercles acadèmics, incloent-hi alguns metges i cirurgians, atès que Röntgen, com hem dit, s'havia adonat de seguida de la importància dels nous raigs X per al diagnòstic mèdic. Creiem que cap d'aquestes separades no arribà a Espanya.

Alguns dies després, però, tingué lloc una nova onada de transmissió, aquesta vegada mitjançant la premsa. El diari *Wiener Presse*, de Viena, publicà el 5 de gener de 1896 un reportatge sobre els nous raigs, les seves sorprenents propietats i les seves no

<sup>5</sup> La llum ordinària és una vibració transversal. Ambdues possibilitats eren compatibles amb les equacions de l'electromagnetisme.

menys sorprenents aplicacions (la "fotografia de l'invisible"). El contingut d'aquest article periodístic arribà força ràpidament a tots els racons del món gràcies al fet que fou transmès per telègraf. El 13 de gener Röntgen presentà el descobriment al kàiser. En pocs dies, doncs, la descoberta arribava al carrer. Es tracta, segons que penso, del primer descobriment científic convertit en notícia de premsa.

Encara queda per fer, segons les meves notícies, un estudi sociològic sistemàtic de les reaccions que despertà "la fotografia de l'invisible" arreu del món. S'hi barrejaven, sens dubte, el poder de suggestió que havia aconseguit la fotografia pròpiament dita i les possibilitats gairebé de ficció que tenien els raigs X. Ara bé, el caràcter experimental de la descoberta i el fet que es basés en uns dispositius instrumentals que estaven disponibles a molts, si no a tots, els laboratoris de física del món (com ara tubs de raigs catòdics, substàncies fluorescents, plaques fotogràfiques) provocà un fet addicional molt interessant: al marge dels privilegiats que havien rebut separades de l'estudi de Röntgen i que en tenien un coneixement exacte, molts físics i metges foren capaços, partint únicament de les ressenyes de la premsa, de reproduir les experiències de Röntgen per obtenir raigs X als seus gabinets. Des de febrer i, sobretot, des de març del 1896, les revistes científiques començaren a incloure molts estudis i recerques sobre la nova radiació, incloent-hi el treball de Röntgen, que fou reproduït i traduït a diverses llengües.

No cal dir que els principals hospitals i centres mèdics del món incorporaren el mateix any 1896 els raigs X com a mètode d'exploració, la qual cosa induí ràpidament el sorgiment d'una indústria de disseny i fabricació de màquines de raigs X aplicables a la medicina. L'auge general de la indústria elèctrica a la mateixa època degué simplificar molt l'establiment d'aquesta nova branca de la indústria.

Pel que fa als laboratoris de física i d'enginyeria, ja hem comentat que la producció de raigs X era relativament senzilla. Tanmateix, en els estudis de constitució de la matèria i de la radiació, que centraven bona part dels esforços del moment, els raigs X esdevingueren no solament un objecte d'estudi molt interessant, sinó que proporcionaren una font d'energia intensa i a l'abast de cara a múltiples experiències, fins al punt que una part molt important dels avenços en la física moderna foren possibles gràcies a aquesta disponibilitat.

#### La recepció dels raigs X a Barcelona (gener-febrer 1896)<sup>6</sup>

A Barcelona, dos grups de persones es proposaren obtenir raigs X a finals de gener de 1896. Val a dir que, segons els indicis, cada grup actuà sense coneixement de les

<sup>6</sup> He portat a terme una investigació sobre la recepció dels raigs X a Barcelona en el context de la física en el meu treball de tesi doctoral (Roca Rosell, 1992).

activitats de l'altre, la qual cosa comportà, més tard, una certa rivalitat i una disputa —crec que moderada— sobre la prioritat d'haver produït per primera vegada raigs X a Barcelona.<sup>7</sup>

El 17 de gener de 1896 el *Diario de Barcelona* publicà una nota titulada "Un descubrimiento sensacional", dins de la secció científica setmanal del diari. En deien "La ciencia amena" i estava signada amb un pseudònim català, *Roger de Flor*, que cal identificar amb Julio Broutá, que pensem que era un periodista madrileny.<sup>8</sup> El seu article, signat el 13 de gener, afirma haver estat redactat en base a "relacions directes... amb Alemanya" i sembla que fou el primer aparegut a Espanya amb relació al descobriment dels raigs X. La setmana següent, basà la informació de la seva secció en els telegrams de Viena.

Aquest article de premsa del 17 de gener de 1896 fou probablement la font primària d'informació que animà els dos grups de Barcelona a començar a treballar. Segons que declarà molts anys més tard, el 1969,<sup>9</sup> un dels membres d'un d'aquests grups, Eduard Fontserè i Riba (1870-1970), que en aquella època, amb 26 anys, era ajudant de física de la Facultat de ciències, ell fou qui, després de saber dels nous raigs (sens dubte pel diari), animà el seu catedràtic Eduardo Lozano y Ponce de León (1844-1927) a reproduir les experiències. Segons que ho explicaren, "a final de gener" se n'havien sortit. El 10 de febrer, el professor Lozano presentà les noves radiacions a l'Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona. Hi ensenyà les plaques obtingudes i exposà el que coneixia de la nova radiació, que hom pot endevinar fàcilment que procedia dels *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* i, en particular, de les primeres recerques que havia portat a terme el jove físic Jean Perrin. Assenyaem el fet que en aquesta sessió de l'Acadèmia no obtingueren raigs X, molt probablement a causa de les limitacions dels tubs de buit de què disposaven.

En aquests mateixos dies, Cèsar Comas Llaveria (1874-1956), alumne *fotoàgraf* de la Facultat de medicina de Barcelona que estava a punt de llicenciar-se, s'adreçà al catedràtic de física i química de l'Institut de ensenyament secundari de Barcelona, Tomàs Escriche i Mieg (1844-1935), per demanar-li la seva col·laboració. Junt amb el metge Agustí Prió, Comas Llaveria portà a terme les seves experiències i les presentà el 2 de febrer a una

<sup>7</sup> Tinguem present que el descobriment de Röntgen desencadenà múltiples reclamacions de prioritat arreu del món. Si bé aquest fet era —i és— habitual en els descobriments, en el cas dels raigs X es donava la circumstància que molts laboratoris els havien detectat en el curs d'experiments sobre els raigs catòdics i havien interpretat el fet com falles de l'experiment. Fins i tot un investigador nord-americà havia conservat la placa fotogràfica *amb errada* que a posteriori ell volgué reclamar com l'autèntic descobriment...

<sup>8</sup> Sabem poques coses de Julio Broutá. És autor d'un llibre de divulgació aparegut el 1897 on es reproduïx l'article pioner sobre els raigs X a Espanya. El pròleg del llibre està signat a Madrid el gener de 1897.

<sup>9</sup> Declaracions recollides a Piquer (1970), 101-102.

comissió de catedràtics de ciències, de medicina i de farmàcia.<sup>10</sup> La sessió pública, durant la qual, a diferència de la sessió anterior a l'Acadèmia, obtingueren "radiografies",<sup>11</sup> se celebrà el 24 de febrer.

Les experiències de Cèsar Comas tenen un relleu molt especial atès que assenyalen el naixement de la Radiologia mèdica a Barcelona i, probablement, a Espanya,<sup>12</sup> ja que el mateix Comas esdevingué un dels primers especialistes d'aquest nou camp amb un abast llavors encara desconegut, però que s'acabà centrant en la diagnòsi mèdica i en la radioteràpia.

Els treballs dels dos grups científics despertaren un gran interès en l'opinió pública barcelonina, tal com ho reflecteix la premsa de la ciutat, que, a partir del 10 de febrer de 1896, comentà força àmpliament els treballs d'ambdós. Tot i que no en tenim altres notícies, és interessant assenyalar que el redactor científic de *El Diluvio*, que signava amb el pseudònim *Omega* i que publicava una secció fixa, la "Decena Científica" (cada deu dies), explicà que, a més del grup de físics i del de la Facultat de medicina, també portaven a terme experiències amb raigs X altres grups: a la Facultat de farmàcia (potser es tracta d'una duplicació de les experiències de Comas, que foren assessorades, entre d'altres, per un catedràtic de farmàcia), al Laboratori Ferran, laboratori privat propietat de Jaume Ferran, fundador i director del Laboratori Microbiològic Municipal, i a l'Escola d'Enginyers Industrials, tot i que no tenim cap notícia concreta amb relació a aquests dos darrers centres. *Omega* afirmava amb optimisme el 12 de febrer de 1896:

*"Nos alegramos de todas veras de ver a nuestros centros docentes en digna emulación en el campo de las ciencias experimentales, y nos hace entrever mejores días para el porvenir de las mismas en Barcelona, el contemplar unidos en esta empresa a los profesores y a sus discípulos predilectos, como si, unos y otros, fueran convenciéndose de la necesidad de formar aquí escuela experimental, base única de todo conocimiento serio de las ciencias físicas y naturales."*

El 25 de març, Eduardo Lozano pronuncià una segona conferència, aquest cop a la Facultat de ciències, que inclogué, ara, una demostració pública, feta amb un tub de buit més adequat, comprat a París amb una donació d'Eduard Conde, propietari dels magatzems

<sup>10</sup> La data d'aquesta presentació semi-privada donà peu a reclamar la prioritat en la producció dels raigs X a Barcelona.

<sup>11</sup> La denominació "radiografia" s'imposà molt aviat, tot i que competí durant un curt període amb d'altres alternatives.

<sup>12</sup> Segons el que sabem, poc *després* de Comas Llaveria, obtingueren raigs X Vicent Peset Cervera a València i el doctor Mendoza a Madrid. A la capital, alguns dels més destacats metges o científics, com ara Josep Letamendi o José Echegaray, manifestaren el seu escepticisme inicial sobre les possibilitats reals del descobriment. Aquest escepticisme devia ésser el fruit tant del seu coneixement superficial de les investigacions electromagnètiques i sobre les radiacions, com de la trivialització i la confusió amb la qual els raigs X eren tractats en molts mitjans de comunicació.

"El Siglo", que en aquesta època donava suport a diverses iniciatives de promoció de la ciència.

Llegint atentament el text d'aquesta segona conferència, es posa de manifest un intent d'emprendre una recerca experimental en relació amb els raigs X per part dels membres de la càtedra de física de Barcelona, Lozano i el seu ajudant, Fontserè. Tots dos provaren de posar de manifest una reflexió regular dels raigs X, que els experimentadors europeus no aconseguien obtenir, a causa, segons els nostres coneixements, de la curta longitud d'ona dels raigs X, que requerí trobar "miralls" adequats, de dimensió similar, que resultaren ser les xarxes atòmiques i moleculars.<sup>13</sup>

Aquest intent de Lozano i Fontserè, però, resultà frustrat: des de mitjan febrer de 1896, una autèntica allau de treballs experimentals sobre els raigs X arribà a les acadèmies i a les revistes científiques. Els *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, un dels mitjans que utilitzaren els físics de Barcelona per saber de la recerca internacional, inclogué de seguida una munió d'aquests treballs, cosa que degué fer palesa la inferioritat de condicions materials, però també l'endarreriment en el camp teòric, dels físics barcelonins. Abandonaren aquest camp de treball i no hi hagué recerca en física d'avantguarda (sobre les radiacions) a la Barcelona de final de segle.

En els textos publicats per Lozano en aquesta època, cal assenyalar un fet que considerem important, tot i que es tracta d'una omisió. Em refereixo al fet que no hi hem trobat cap menció a suposats descobriments en el món de les radiacions que es desencadenaren després de la divulgació del de Röntgen. Entre ells, cal destacar la llum "negra", suposadament descoberta per Gustave Le Bon, un filòsof francès prou influent perquè els seus treballs experimentals, clarament defectuosos per un lector d'avui, fossin acollits en els *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. Le Bon era un autor d'èxit, pertanyia al cercle d'Henri Poincaré i estava interessat en la física experimental, tot i no tenir una formació massa sòlida en aquest camp. Tot i que altres mitjans de difusió catalans es feren ressó dels treballs de Le Bon, Lozano no els considera de cap manera en els seus escrits, cosa que crec que posa de manifest el *seny* de Lozano i de Fontserè.

Haig d'afegir que tampoc no fa cap referència a una altra nova radiació, descoberta per Becquerel el febrer-març de 1896, que poc després seria anomenada radioactivitat. És probable, però, que el número dels *Comptes Rendus* on apareixia la nota de Becquerel no hagués arribat a les mans de Lozano i de Fontserè abans de les conferències.

Sembla, però, que pel que fa la física, l'episodi dels raigs X no caigué completament en el buit. Cal assenyalar que, el 1900, un deixeble de Lozano i de Fontserè, Josep M. Plans i Freyre (1878-1934), escollí els raigs catòdics com a tema de tesi doctoral. El seu treball, que es conserva a l'Archivo Histórico Nacional de Madrid en versió manuscrita, posa de manifest el canvi del nivell teòric dels físics barcelonins, atès que, per exemple, hom hi pot trobar els conceptes i els mètodes de l'electromagnetisme de Maxwell manejats amb naturalitat, cosa que contrasta amb les aproximacions de Lozano de menys de quatre anys abans, caracteritzades per un coneixement molt superficial d'aquesta branca de la física matemàtica. Com és sabut, Josep M. Plans havia de jugar un paper molt destacat

<sup>13</sup> Les experiències proposades per Max von Laue, que reeixiren el 1912, demostraren a la vegada la naturalesa ondulatoria dels raigs X i oferiren la primera visió "directa" d'una xarxa molecular i, per tant, una de les primeres demostracions del caràcter atòmic de la matèria.

en el desenvolupament de la física teòrica a Espanya en les primeres dècades del segle. Poc després, un altre deixeble de Lozano i de Fontserè, Esteve Terradas, destacà pels seus coneixements avançats de física i de matemàtiques. El 1907, tres anys després de llicenciar-se, tornà a Barcelona com a catedràtic a càrrec de les matèries de física superior.

Eduardo Lozano i Eduard Fontserè, els dos principals protagonistes de la recepció dels raigs X a Barcelona pel que fa al camp de les ciències físiques, tot i no continuar amb les recerques sobre raigs X tenen un lloc destacat en la Història de la física a Catalunya. Lozano, per la seva banda, fou professor a la Universitat durant els darrers vint anys del segle i influí dotzenes de joves que estudiaren física. Pel que fa a la investigació, plantejà la necessitat d'estudiar les tempestes a Barcelona. El 1900 es traslladà a Madrid, però el seu deixeble, Fontserè, ja s'havia iniciat en la meteorologia en aquella època. Fontserè fou professor de la Universitat de Barcelona fins a la seva jubilació el 1940, però la seva principal aportació fou haver consolidat la recerca en meteorologia, al voltant del Servei Meteorològic de Catalunya, creat per la Mancomunitat de Catalunya el 1921.<sup>14</sup> D'aquesta manera, l'episodi de la recepció dels raigs X a Barcelona està associat a unes persones que resultaren decisives en la professionalització de la física al nostre país.

## Bibliografia

- BROUTÁ, Julio (1897), *La ciencia moderna. Sus tendencias y cuestiones con ella relacionadas*, Barcelona, Montaner y Simón.
- KHUN, Thomas S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press. (Edició castellana de 1971, *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid, Fondo de Cultura Económica).
- KHUN, Thomas S. (1983), "Foreword". Dins: WHEATON (1983), IX-XIII.
- MCCORMMACH, Rusell; JUNGnickel, Christa (1986), *Intellectual Mastery of Nature. Theoretical Physics from Ohm to Einstein*. Vol. 2 (The New Mighty Theoretical Physics. 1870-1925), The University of Chicago Press.
- PAP, Desiderio (1961), *Historia de la Física. Desde la antigüedad hasta los umbrales del siglo XX*, Madrid, Espasa-Calpe, Madrid, 274-281 i 429-434.
- PIQUER I JOVER, Josep-Joan (1970), "Panorama històric de la Radiologia a Catalunya (1896-1936)", "Quines foren les persones que obtingueren la primera radiografia a Espanya? Aclariment d'un enigma", "Les primeres revistes i les primeres associacions dels radiòlegs catalans", "Reaccions i polèmiques suscidades al nostre país entorn del descobriment i de les aplicacions dels raigs X". Dins: *Primer Congrés Internacional d'Història de la Medicina Catalana*, Barcelona, 48-93, 94-104, 105-131 i 132-139.
- ROCA ROSELL, Antoni (1992), *La Física en la Cataluña finisecular. El joven Fontserè y su época*. Tesi doctoral, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid. Edició en microfita.

<sup>14</sup> Sobre la llarga trajectòria de Fontserè, vegeu Roca (1995), que inclou una llista de les seves publicacions, així com les referències secundàries més destacades.



ROCA ROSELL, Antoni (1995), "Eduard Fontserè i Riba 1870-1970. La meteorologia professional. Dins: CAMARASA, J.M.; ROCA ROSELL, A. (1995), *Ciència i tècnica als Països Catalans. Una aproximació biogràfica*. Barcelona, Fundació Catalana per a la Recerca, 859-908.

RÖNTGEN, Wilhelm K. (1895), "Über eine neue Art von Strahlen", *Sitzungsberichte der Würzburger Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft*, desembre (reproduït a Pap (1961) i a Shamos (ed.) (1959)).

SHAMOS, Morris H. (ed.), *Great Experiments in Physics. Firsthand Accounts from Galileo to Einstein*. Toronto, General Publishing Co./Londres, Constable and Co. (Edició a Dover Pub., 1987), 198-209.

TURNER, G. L. (1975), "Röntgen, Wilhelm Conrad". Dins: *Dictionary of Scientific Biography*, XI, Nova York, Charles Scribner's & Sons, 529-531.

WHEATON, Bruce R. (1983), *The Tiger and the Shark. Empirical Roots of wave-particle Dualism*, Cambridge University Press.

WHITTAKER, Sir Edmund (1951-53), *A History of the Theories of Aether & Electricity*. Londres, Thomas Nelson & Sons, 2 volums (Edició a Dover Pub., en un volum, 1989).