



JESÚS NAVARRO I MARTINE JAMINON

«TOTES LES RADIACIONS SÓN IGUAL DE LETALS, BENEFICIOSES I MISTERIOSES»

Ana Fernández

Martine Jaminon, professora de la Universitat de Lieja, i Jesús Navarro, investigador de l'Institut de Física Corpuscular (CSIC-UV) de València, constitueixen dos reconeguts físics endinsats en el camp de la divulgació de la ciència. Amb el seu últim llibre, *Las radiaciones: beneficiosas, letales, misteriosas...* (Nivola, 2009), tots dos ens acosten al món de les radiacions de manera senzilla i motivadora gràcies a un interessant viatge en el temps. L'obra ens aporta les claus necessàries perquè, a partir de la nostra reflexió, esbrinem si les radiacions són beneficioses, letals o misterioses.

Què és el que van trobar d'interessant en les radiacions?

JESÚS NAVARRO: És un tema que va i ve, que està d'actualitat amb la controvèrsia que existeix amb les antenes dels mòbils, les centrals nuclears, la imatge mèdica... Ens agradava la idea de realitzar un llibre en què es tractaren tots aquests aspectes de manera global i en

el qual poguérem introduir també temes històrics, sociològics, biològics, etc. En un viatge a Lieja en què vaig coincidir amb Martine li ho vaig proposar i als dos ens va agradar la idea de compartir aquesta experiència.

La lectura deixa moltes preguntes sense respondre, consideren que deixar preguntes obertes al lector és un mètode eficaç per a divulgar ciència?

J. NAVARRO: Sí, però aquesta no és l'única manera, n'hi ha moltes més. Nosaltres decidim adoptar-la perquè ens agradava reflexionar sobre el tema que estàvem comentant i invitar el lector a continuar ell mateix reflexionant-hi. Aquest llibre s'adreça a

un públic general i en qualsevol llibre d'aquestes característiques hem de pensar que ens trobem davant d'un públic divers al qual cal explicar molt bé cada terme i cada situació. Potser ens ha resultat més difícil redactar les qüestions de biologia i, per això, per al lector potser aquesta haja estat la part més difícil d'entendre, precisament perquè no som experts en aquesta matèria.

De totes les radiacions que comenteu en el llibre, quines diríeu que són les més letals i quines les més beneficioses?

J. NAVARRO: Totes són igual de letals, de beneficioses i de misterioses. Tot depèn de l'ús il·limitat que se'n faça, de les dosis i de l'energia.

El càncer és un dels temes que abordeu en el llibre, per ser una malaltia directament relacionada amb les radiacions. Heu comptat amb col·laboracions especials per a aprofundir en aquest tipus d'ús terapèutic?

J. NAVARRO: Hem tingut dos col·laboradors especialitzats en oncologia, un metge especialista de l'Hospital Universitari La Fe de València i una experta biòloga en qüestions de càncer. Les radiacions en aquest sentit són arma de doble tall perquè curen i maten, depèn novament del tipus i de la dosi que s'empren en aquests casos.

Actualment s'estan duent a terme investigacions en matèria terapèutica del càncer amb radiacions?

J. NAVARRO: L'institut en què treballo, l'Institut de Física Corpuscular, fa temps que està desenvolupant un projecte per crear l'Institut de Física Mèdica, que justament investigarà en aquest camp.

MARTINE JAMINON: A Bèlgica, a Lovaina, utilitzen també ciclotrons per a aquesta mena de teràpies, gràcies a un equip de físics dedicats al camp de les centrals

TOT EL QUE VOSTÈ VOLDRIA SABER SOBRE LES RADIACIONS...

JOSEP LLUÍS DOMÉNECH

Hi ha un consens entre els investigadors en didàctica de les ciències sobre el fet que presentar els coneixements en l'estat final d'elaboració no facilita l'aprenentatge: els estudiants han de notar, han de viure, el procés de construcció dels coneixements com a requisit per a un aprenentatge reeixit. Això suposa, entre altres coses, esbrinar els problemes que han originat la construcció dels coneixements científics; tenir nocions sobre la manera com els científics aborden els problemes; tenir algun coneixement dels desenvolupaments científics recents i de les perspectives que obren; conèixer algunes de les implicacions tecnològiques i socials dels avenços científics, i, també, com determinats avenços tecnològics i necessitats socials han marcat el camí de la ciència... Si acceptem tot això, hem de coincidir que el llibre *Las radiaciones* de Martine Jaminon i Jesús Navarro és una eina especialment útil en l'ensenyament, i això malgrat que la problemàtica que s'hi tracta, les radiacions, pot ser considerada àrida i poc atractiva.

Vivim immersos en un espai ple de radiacions, que condicionen en gran mesura la nostra vida, i que no podem defugir. Lluny d'amagar el cap sota terra convé prendre consciència dels problemes a què ens encarem: en un país que disposa de ben poques fonts d'energia primària, i on, aproximadament, la meitat de l'electricitat produïda té un origen fòssil, el debat al voltant de l'energia nuclear és totalment absent dels mitjans de comunicació, més encara quan no hi ha cap consciència social sobre la necessitat de reduir la despesa energètica; ningú no vol antenes de telefonia mòbil a prop de sa casa, però tampoc no estem disposats a prescindir dels mòbils; s'ha hagut de llevar el mot *nuclear* a les familiars resonàncies magnètiques i això perquè es tracta d'una paraula que astora la gent. Tanmateix, són poques les precaucions que adoptem contra les radiacions solars (responsables, com és ja sabut per tots, de l'augment del nombre de càncers de melanoma); *pensem* –sense cap mena de prevenció intel·lectual!– que tot el que considerem *natural* és *per se* saludable o beneficiós per als humans, quan el fet és que la major part de les radiacions nuclears que rebem són d'origen natural, i és clar que la condició de natural, ací, no significa que siguin innòcues...

En un llibre anterior, *Los caminos cuánticos*, Jesús Navarro afirmava que Feynman aprenia a partir de les

respostes que obtenia de les preguntes que contínuament ell mateix es feia. En el seu darrer llibre sembla que Jaminon i Navarro han seguit la mateixa estratègia: són nombrosíssims els interrogants que els autors plantegen sobre cadascun dels aspectes tractats (encara que no tots hi són contestats: s'espera que siguin els lectors interessats els qui hi cerquen les respostes), i això, que representa una mena de repte per al lector, també serveix per a orientar les informacions i explicacions que tot seguit els divulgadors proposen. D'aquesta manera, la lectura esdevé amena i fa ben palesos el sentit i l'interès de les idees presentades.

El propòsit dels autors d'escriure un llibre útil per a lectors sense una formació científica està plenament aconseguit. Aquest perfil baix de lector final fa, en efecte, que siga aquesta una lectura molt recomanable per a tots aquells interessats a participar en el debat sobre el paper que han de representar la ciència i la tecnologia en una societat democràtica, els problemes que intenten resoldre, les solucions que es proposen, etc. Ben mirat, sembla particularment adreçat als estudiants de secundària; un espai editorial, el de la divulgació científica amb criteris didàctics professionals, que, per cert, va molt escàs de publicacions.

Els autors afirmen en l'epíleg: «Les radiacions són beneficioses o perjudicials? [...] Esperem haver proporcionat al lector prou elements perquè trobe les seues pròpies respostes.» Però aquesta publicació no se circumscriu als continguts estrictament relacionats amb les radiacions, sinó que aprofita aquesta problemàtica per tractar, a més a més i ni que siga de raspallada, molts altres aspectes, com ara el paper de la comunicació entre els investigadors, el paper de les dones en la ciència, la manera de treballar dels científics, el procés de construcció dels coneixements, les aplicacions dels avenços aconseguits, etc.

Els autors afirmen que Roentgen, Becquerel, Rutherford, etc., no mostraren una gran imaginació quan anomenaren raigs X, raigs a, raigs b o raigs g a les noves radiacions, però tampoc l'editor ha estat massa enginyós amb el títol escollit per al llibre: *Las radiaciones* sembla un nom poc suggeridor.

Per acabar, una qüestió dolorosa: Per què no se n'ha fet, o no se'n fa, una edició en català, on patim un dèficit de publicacions científiques més sagnant encara? Aquest interrogant –ja us ho podeu pensar– no el responen els autors.

Josep Lluís Doménech. IES Antoni Llidó, Xàbia (Alacant).

nuclears que van decidir crear un ciclotró d'aquestes característiques.

Vostès han realitzat projectes en física durant uns quants anys, van estudiar les radiacions durant molt de temps?

M. JAMINON: Nosaltres som físics especialitzats en física nuclear i hem fet investigacions en aquest sentit. El que ens ha portat a les radiacions és que aquest tipus d'energia ens ha permès conèixer una àmplia varietat d'elements connectats, però no hem treballat directament amb radiacions que influïren sobre la matèria.

Un altre dels temes que tracta el llibre és el de les centrals nuclears. Ja que actualment hi ha una certa controvèrsia a Espanya sobre el paper de les centrals nuclears i la seua futura construcció, quina opinió teniu sobre aquest debat?

M. JAMINON: Al meu parer, les societats actuals no es poden permetre el luxe de deixar de costat aquestes centrals. Hi ha riscos potencials, però hi ha coneixement suficient per garantir una seguretat.

J. NAVARRO: Jo hi afegiria que aquesta és una font més d'energia que necessitem.

M. JAMINON: A més hi ha un altre tipus de centrals que s'estan investigant en aquest sentit, en les quals no faria falta centrar-se en un enriquiment nuclear perquè es produïrien aquestes radiacions mitjançant acceleradors de partícules, que és un mètode més segur.

Un dels principals problemes de les centrals nuclears són els residus que generen, quines són les possibles solucions a aquest problema?

J. NAVARRO: Cal buscar una solució definitiva. El problema dels residus nuclears podria assemblar-se al fem que generen els residus domèstics: volem posar abocadors, però no prop de les nostres cases. S'estan proposant magatzems temporals d'entre cinquanta i cent anys per a aquests residus, però es necessita un acord.

M. JAMINON: Hi ha investigacions per a tractar els residus nuclears de manera que s'aconsegueixca separar els residus més perillosos i mantenir-los en un lloc controlat.

Quines radiacions naturals de les que comenten en el llibre troben que són les més ignorades per la població?

J. NAVARRO: Potser el fet que nosaltres com a éssers humans som emissors de radiació. Per exemple, en un litre de llet poden arribar a produir-se 60 desintegracions per segon i ens la bevem i no passa res. O el que ocorre amb les cases fabricades amb granit a Galícia, que produeixen gran quantitat de radiacions, però no per això s'han descobert més casos de càncer.

En el llibre també tracten un tema d'actualitat com és el debat sobre les antenes dels mòbils i els possibles efectes nocius que tenen en la població. Quanta veritat existeix en els rumors que apunten que aquestes radiacions poden provocar danys en la salut?

M. JAMINON: Per desenvolupar aquest tema hem llegit dades de l'última enquesta epidemiològica en què s'ha desvelat que no hi ha cap efecte o potser que, ja que els mòbils els usem des de fa només deu anys, és difícil saber quins efectes poden provocar a llarg termini, sobretot en els xiquets en fase de creixement que estan usant els mòbils. En adults s'ha demostrat que no hi ha efectes.

Quines futures aplicacions podrien augurar a les radiacions?

J. NAVARRO: Podrien donar-se moltes més aplicacions en medicina, ja que n'hi ha, n'hi ha hagut

i de segur que n'hi haurà. Podran representar millors imatges de major qualitat de l'interior del cos humà i amb l'ús de menor radiació i, d'altra banda, el tractament que es pot aconseguir per a determinats tipus de càncer. També poden anar a més en arqueologia, per verificar les dates dels objectes trobats, per exemple.

ANA FERNÁNDEZ
Estudiant de Periodisme, Universitat de València



© Paolo Borchese

**«LES SOCIETATS ACTUALS
NO ES PODEN PERMETRE EL
LUXE DE DEIXAR DE COSTAT
LES CENTRALS NUCLEARS.
HI HA RISCOS POTENCIALS,
PERÒ HI HA CONEIXEMENT
SUFICIENT PER GARANTIR
UNA SEGURETAT»**

MARTINE JAMINON

DIVULGACIÓ BEN INTERESSANT



Las radiaciones: beneficiosas, letales, misteriosas

Martine Jaminon i Jesús Navarro Faus
Nivola. Tres Cantos, 2009.
256 pàgines.

tes i interessants fotografies d'època, que no encareixen el llibre.

La primera part del llibre aclareix què són les radiacions amb un poc d'història de la ciència. Comença amb el descobriment dels raigs X per Röntgen (que va desencadenar la recerca d'altres radiacions), de la radioactivitat per Becquerel i Pierre i Marie Curie, i dels raigs α , beta i gamma per Rutherford. En el capítol 7 hi ha uns interessants escrits dels Curie sobre els efectes de les radiacions en el seu propi cos. Després es presenta una breu història de l'àtom indivisible, des dels filòsofs grecs i també alguns corrents filosòfics orientals, fins a Dalton i Perrin, però també es parla dels científics que s'hi oposaren, com els químics Dumas, Berthelot i Ostwald i el físic Mach. Irònicament, quan s'acaba la controvèrsia sobre la realitat dels àtoms, s'acumulen evidències experimentals de la seua estructura. Per últim, es presenta l'espectre electromagnètic i el debat sobre si les radiacions són partícules o ones.

En la segona part tracta dels efectes de les radiacions, distingint entre ionitzant i no ionitzant, i de l'origen, ja que, malgrat el que es pensa, la major part (un 66%) tenen un origen natural. Però no hi ha prou de considerar les interaccions de les radiacions amb els àtoms, ja que aquests poden formar part d'un ésser viu i per això es tracten temes no tan habituals en un llibre de divulgació física, com la cèl·lula, l'ADN i les seues mutacions, a un nivell molt entenedor. Ens mostra com les radiacions ionitzants poden lesionar l'ADN i, si aquest no es repara, la cèl·lula pot esdevenir cancerosa. També ens parlen de les explosions nuclears i de les centrals nuclears, del «problema d'importància que fins a la data no s'ha resolt satisfactòriament: els residus radioactius» i dels dos principals

Radiacions és una paraula que avui provoca actituds de precaució, de rebuig o fins i tot de por. Els autors, Martine Jaminon, directora de la Maison de la Science, museu científic de Lieja, i Jesús Navarro, professor d'investigació del CSIC a l'Institut de Física Corpuscular de València, tracten de respondre les preguntes que qualsevol ciutadà es pot plantejar al respecte: Què són les radiacions? Quins prejudicis causen? Quins beneficis? Com actuen sobre el nostre cos i com ens afecten? Per a respondre-les han escrit aquest llibre accessible per a lectors sense formació científica, la lectura del qual ve facilitada per abundants i aclaridores il·lustracions en color, acompanyades per mol-

accidents, els de les centrals Three Mile Island i Txernòbil. Tanquen aquesta part amb les radiacions UVB, el forat de la capa d'ozó i l'increment en la incidència del melanoma.

En la tercera part apareixen les aplicacions beneficioses de les radiacions. Ens parlen dels radiotraçadors, dels isòtops radioactius produïts per Frédéric i Irène Joliot-Curie i dels acceleradors de partícules que n'afavoriran la producció i permetran al científic Glenn Seaborg, a més de descobrir nous elements, produir isòtops a la carta per a la medicina, com el ferro-59 o el iode-128, que afavoreixen l'estudi de l'hemoglobina i la tiroides, respectivament. Després es mostren diferents tècniques per a veure l'interior del cos humà, amb imatges anatòmiques (com les obtingudes amb radiacions, com els raigs X, o sense, com les ressonàncies i l'ecografia) o funcionals, obtingudes per la radiació emesa per un traçador radioactiu. Entre aquestes destaca la tomografia d'emissió de positrons (PET en anglès), que ha permès detectar tumors molt menuts, i localitzar de manera precisa les zones del cervell actives durant l'anàlisi dels neurocientífics. Per últim, es mostra l'ús de les radiacions en radioteràpia, tant interna, en què es fixen les fonts radioactives en el mateix tumor, com externa, on la radiació es dirigeix sobre la zona del cos on hi ha el tumor que es vol eliminar.

En l'última part ens mostra moltes aplicacions no mèdiques de les radiacions: determinació de l'edat de la Terra, estudi de la radiació còsmica, la datació de temps remots o de temps més recents. En aquest últim cas s'utilitza el carboni-14, que ha permès datar restes egípcies, l'arribada de l'home a Amèrica o el «Sant Sudari». Els raigs X obtinguts en la radiació sincrotró dels acceleradors de partícules permeten fer experiments en camps molt diversos com microelectrònica, ciència de materials, contaminació, catalitzadors, aliments,

medicaments, cosmètics, arqueologia (com la identificació de la faraona Hatshepsut o del palimpsest d'Arquímedes). També ens parlen de les aplicacions dels més de 10.000 acceleradors que hi havia al món en 1994: pocs en física fonamental, la majoria en medicina (com a fonts de radiació externa o per a la producció de radioisòtops), i la resta en art, indústria, etc. Per últim, no fugen de tractar efectes de les radiacions no ionitzants, com les microones de les antenes de telefonia mòbil, per

arribar a la conclusió que, malgrat que «no s'haja trobat cap evidència d'efectes perjudicials de les microones, la inquietud social que han produït és motiu suficient per continuar investigant».

Com s'ha pogut veure en el resum, es tracta d'un llibre molt interessant per al públic en general, donada la importància de les radiacions en la vida de tothom, però també per al públic més especialitzat, pel caràcter multidisciplinari de l'obra, que inclou aspectes de física, química, biologia, medicina, arqueologia, etc.

«ELS AUTORS TRACTEN DE RESPONDRE LES PREGUNTES QUE QUALSEVOL CIUTADÀ ES POT PLANTEJAR SOBRE LES RADIACIONS»

JORDI SOLBES

Departament de Didàctica de les Ciències (UV)