

## De la física de partícules al desert de Qatar

Sílvia Bravo

En algun moment de la seva vida, si no cada dos per tres, tot científic ha de respondre a la pregunta de per a què serveix allò que fa. Els resultats de la recerca ens ajudaran a resoldre algun dels grans reptes als quals s'enfronta la nostra societat? Quan la investigadora dubta i comença a dir que no ara mateix, sovint la periodista o l'amic arrufen el nas. El mateix Higgs va haver de respondre a aquesta pregunta no fa gaire, malgrat que tothom semblava exultant per la descoberta d'una nova partícula. Quan fas aquesta pregunta en llocs com el CERN, tenen la resposta ben preparada. Mireu la web, què fariem ara sense ella. S'entén que el CERN presumeixi de web, però tot plegat té un punt de fortuït. Els investigadors que fan servir els seus coneixements i habilitats per resoldre problemes ben concrets i ben transcendents de la nostra vida, em semblen més representatius de l'impacte de la recerca bàsica en el nostre dia a dia. No van decidir fer recerca per resoldre aquests problemes i, en canvi, la seva contribució a la recerca aplicada és una herència de la recerca bàsica. Recordo que quan vaig conèixer Mokhtar Chmeissani em va venir al cap una figura televisiva de finals dels vuitanta i començaments dels noranta del segle passat, MacGyver. En aquella època, en què vaig tenir la sort de conèixer i treballar amb físics molt interessants, la figura de Mokhtar em sorprenia per la facilitat amb què visualitzava i inventava màquines. Les màquines de les quals parlàvem en aquella època eren detectors de física de partícules. Les que ara manega són aparells mèdics o maquinàries d'energia renovable. Mokhtar Chmeissani és un dels investigadors sènior de l'Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), un dels investigadors europeus que ha rebut la prestigiosa ERC Advanced Grant, i un gran cuiner. Recentment hem estat parlant, en format d'entrevista virtual, sobre com un físic de partícules acaba treballant en temes mèdics o ajudant la Fundació Qtar a posar en marxa un ambiciós programa energètic. En segueixen alguns dels fragments més interessants.

P: Quines diries que són les experteses i habilitats més versàtils d'investigadors com tu, que han treballat en experiments com el CERN?

R: Tal vegada és la seva exposició a una gran quantitat



Figura 1: Daniel Perez, Mokhtar Chmeissani, i Dunia Bac-hour amb el primer sistema de seguiment solar, el SOLYS 2, instal·lat a Qatar per a mesurar la irradiància solar.

de coneixements i tecnologies, sense això seria impossible dissenyar i posar en marxa experiments com ATLAS o CMS. Són detectors que representen una solució integral: computació, simulació, adquisició de dades, electrònica, sensors de gas i d'estat sòlid, màquines de gran precisió i, és clar, molta física en general i sobretot física de partícules. Sovint, el mercat tecnològic no dóna resposta a les seves necessitats, i això crec que els porta a ser més creatius i innovadors. Per posar-te un exemple, el 1963 Martinus Veltman, un gran físic que va rebre el Premi Nobel el 1999, va dissenyar Schoonschip per poder manipular equacions matemàtiques de manera simbòlica. Schoonschip va ser el primer sistema de computació algebraica, el famós Mathematica quedava encara molt lluny. I ell el va desenvolupar tot sol, perquè necessitava fer càlculs de diagrames de Feynman.

P: Veltman va seguir sent un físic tota la seva vida, però hi ha molts exemples de físics que després d'una bona trajectòria en centres com el CERN comencen una nova vida professional en altres àmbits. Imagino que en coneixes exemples, perquè de fet és força habitual. Per què creus que passa això?

R: I tant que en conec, d'exemples! Et parlaré de persones que conec bé. Recordo, per exemple, Jesper Söderqvist, un físic suec amb qui vaig treballar a RD3, un experiment també del CERN. En acabar la seva tesi, va començar a treballar en detectors de silici per a mamografies. Endevines què fa ara? Doncs és el CEO de Philips Digital Mammography. També tinc amics que van deixar la física de partícules i se'n van anar a la banca i les finances. Els va bé, tot i que ara imagino que alguns es pregunten si va ser bona idea contractar-los. El motiu per escollir-los a ells era perquè podien aplicar les tècniques d'anàlisi que havien desenvolupat per a la física de partícules a l'anàlisi i la predicció del comportament dels mercats.

P: I quina és la teva història. Quan decideixes començar a treballar en recerca aplicada?

R: Si he de dir la veritat, el mèrit no és meu. La idea va venir del president de l'IFAE, Josep Grifoll. El 1998 va proposar a qui era aleshores el director de l'IFAE, Enrique Fernández, encetar una nova línia de recerca en física aplicada. Al centre teníem experiència en temes de detecció i mesura de radiacions, i en el meu cas havia treballat en diferents projectes d'instrumentació (el mateix RD3 de què parlava abans o BCAL++ , un dels subdetectors d'ALEPH, un predecessor dels detectors actuals al CERN). I jo vaig ser l'escollit per a aquesta missió. La idea inicial, no podia ser una altra, era desenvolupar un sensor de radiació. De seguida vaig pensar en un detector de raigs X, em semblava més atractiu i amb més potencial per a les dècades futures. Vam començar amb un pressupost d'uns vuit milions de pessetes. Si penso en aquella època recordo tant l'excitació pel projecte com la preocupació perquè tot plegat no resultés un projecte fallit. Semblaven pocs diners i tal vegada un projecte massa finalista. Sortosament ens en vam sortir.

P: D'aquest projecte inicial, en deriva Dear-Mama, oi? Com va anar tot plegat? Sí, Dear-Mama -acrònim de Detection of Early Marker in Mammography- va ser el primer projecte europeu que he liderat. Tenia un pressupost de 2,3 milions d'euros (fan fredor, si els compares amb els 8 milions de pessetes inicials) i hi participaven sis institucions d'Espanya, França i Àustria. L'objectiu era desenvolupar dos prototipus de màquines d'imatges per raigs X, un per a mamografia i un altre per a osteoporosi. Vam provar dos detectors diferents, un de cadmi-tel·luri i un altre de silici. Necessitàvem píxels molt petits, de 55 micròmetres. Recordo que vam patir per aconseguir una soldadura d'uns 20 micròmetres per connectar l'elèctrode del píxel amb el xip. Amb un sensor de recompte de fotons vam aconseguir detectar anomalies en els teixits amb radiacions molt petites, i en vam millorar molt el contrast i la resolució. Haig de dir que el que no ha estat gens fàcil ha estat passar del prototipus a un desenvolupament de mercat. P: I per què creus que vas ser tu, un físic de

partícules, qui va acabar dissenyant aquest projecte?

R: A mi em resulta força natural pensar en un físic de partícules dissenyant el projecte. De fet, un sistema de raigs X no és més que un detector com els que havia construït en treballs al CERN. Aquest és un exemple ben clar d'una transferència de tecnologia i de coneixement entre la ciència bàsica i l'aplicada.

P: I ara tens un altre repte entre mans, un PET per mirar el nostre cervell. Ens expliques la idea?

R: Tot va lligat. D'una cosa en ve una altra. Després de Dear-Mama vaig treballar en una màquina per fer biòpsies 3D en temps real. La idea va venir en una reunió amb Melcior Sentís, de l'Hospital Parc Taulí, que necessitava un sistema que li permetés veure l'agulla de biòpsia mentre penetrava el teixit mamari. El projecte el vam fer amb aquest hospital i el CNM-IMB, el Centre Nacional de Microelectrònica. I, de fet, per a aquest desenvolupament vaig rebre la Medalla de Plata del Saló Internacional de la Innovació, l'any 2008. Aquesta immersió en les tècniques mèdiques em va portar a pensar en un escàner de tomografia per emissió de positrons (PET) i de seguida vaig veure que hi havia camp per millorar els dissenys actuals. Quan el 2009 vaig anar a una conferència sobre física i salut al CERN, al voltant d'un 50 % de les presentacions eren sobre PET. Allà em vaig adonar que els detectors de centelleig eren el principal factor limitador del rendiment dels PET, especialment en el cas d'imatges del cervell, que és un objecte molt dens i provoca més dispersió dels fotons i, per tant, un deteriorament de la imatge. La idea era senzilla, fer servir sensors d'estat sòlid, però després vaig trigar al voltant d'un any a arribar a un desenvolupament viable. Tot i que conec la història, sempre que la sento em torna a impressionar. No em direu que Mokhtar no té un vessant de MacGyver? Però podríeu dir-me que el lligam entre la física de partícules i la salut és força conegut. Moltes de les tècniques per al tractament i la diagnòsi del càncer tenen els seus orígens en la recerca en física. Doncs, som-hi, parlem ara d'un tema de moda, les energies renovables i els recursos hídrics. Tal vegada heu sentit a parlar alguna vegada de QEERI. Jo no, fins que Mokhtar me'n va parlar. Qatar Environment and Energy Research Institute (QEERI) és un dels quatre centres de recerca de la Qtar Foundation. A casa nostra és més coneguda gràcies al futbol, però els interessos de la fundació són molt més amplis. En una d'aquelles grans contradiccions del nostre planeta, el país amb la tercera reserva de gas més gran del món, té molt interès en les energies renovables per temes de consum domèstic. Necessiten reduir les emissions de CO2 degudes a l'aire condicionat i a la dessalinització de l'aigua. Qatar és un país petit, amb uns 1,7 milions d'habitants, però consumeix al voltant d'un milió i mig de metres cúbics d'aigua al dia i uns 5 GWe de potència elèctrica durant els dies d'estiu, que resulta que dura uns 8 mesos allà! La

temperatura arriba fins als 50 graus, i la gent deixa l'aire engegat als apartaments, fins i tot si marxen de vacances, perquè si no se'ls floreixen roba i mobles. QEERI és un centre de recerca amb un objectiu nacional, fer R+D en energies renovables i engegar projectes amb empreses per aconseguir que el 2030 un 6 % de l'electricitat sigui d'energia solar.

P: I doncs, Mokhtar, com és que acabes treballant també a Doha?

R: Rabi Mohtar, aleshores el director de QEERI, va ser qui es va posar en contacte amb mi i em va oferir liderar un grup d'energies renovables. Pot semblar estrany que algú que pensava en el sol i el vent confiés en mi. En aquest cas imagino que va pesar més la meua experiència en temes d'instrumentació. De fet, el meu no és pas el primer exemple en aquest camp. DESERTEC, un projecte per crear una matriu de miralls solars al nord d'Àfrica per generar un 15 % de la potència elèctrica d'Europa, va ser liderat per Gerhard Knies, també un físic de partícules i fundador de la xarxa d'investigació Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC). El mateix Carlo Rubbia, investigador del CERN que va rebre el Premi Nobel l'any 1984, és el director científic de l'Institut d'Estudis per l'Avenç de la Sostenibilitat (IASS) a Alemanya. L'oferta de QEERI era temptadora, però els meus compromisos amb l'IFAE no em permetien mudar-me a Doha. Però sí que hi he col·laborat a temps parcial, primer liderant el grup d'energies renovables i, darrerament, més com a assessor.

P: I quines han estat les teves principals contribucions al projecte de Qtar?

R: Doncs en cinc anys hem posat en marxa cinc projectes ben interessants. D'una banda un mapa solar de Qtar, que ens permetrà veure on té més sentit desenvolupar plantes solars. I també estem treballant en un mapa de l'empremta energètica del país. Amb aquest mapa volem entendre on són els principals nodes de consum energètic i, per tant, d'emissió de CO<sub>2</sub>. En el tercer projecte estem fent recerca en el camp de l'emmagatzematge d'energia tèrmica. La necessitat ve donada pel fet que la potència solar es concentra durant el dia. Per tenir electricitat produïda pel sol durant les 24 h, hem de trobar la manera d'emmagatzemar-la de manera eficient.

I d'aquí anem al projecte DohaSol, similar al de Granada però més petit. Es tracta d'una planta de cogeneració que produeix electricitat amb el Sol, i fa servir l'energia sobrant per escalfar l'aigua i iniciar un procés de destil·lació a baixes pressions. En el seu disseny actual aspira a produir 2 MW de potència elèctrica i 60 m<sup>3</sup>/h d'aigua fresca, amb una planta solar d'uns 40.000 m<sup>2</sup>. Estem aprenent un munt de coses sobre com opera una planta com aquesta en les dures condicions del desert, sobretot quan hi ha tempestes de sorra. Estic demanant una patent per a un robot que neteja miralls parabòlics i que serà de gran uti-

litat per a Qtar quan tingui 3 milions de metres quadrats de miralls per produir un 6 % del seu consum actual. I encara un cinquè projecte, la construcció d'un Raman LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), que volem fer servir per fer mesures de la radiació solar i de la qualitat de l'aire. Tot plegat són projectes per a cinc anys, amb un pressupost total d'uns 45 milions de dòlars. El projecte DohaSol representa, més o menys, un 50 % del pressupost.

P: I com hi ha contribuït el teu bagatge en física de partícules a tots aquests projectes?

R: En el cas del LIDAR, de manera ben directa. Un detector LIDAR es fa servir també en experiments de raigs gamma per mesurar com de clar és el cel des d'un punt de vista òptic. En el cas de Qtar, fem servir la mateixa tècnica per determinar la radiació del Sol. Però vaja, és només un exemple. Pertot arreu pots trobar conceptes o tecnologies idèntiques o adaptades de la física de partícules.

P: Sembla divertit tot plegat. Trobes a faltar la física de partícules?

R: Sí que ho és, de divertit. En la física aplicada pots desenvolupar un prototipus en un període de temps molt reduït, en pocs anys. I ho fas amb un grapat de científics i enginyers que coneixes personalment. Això m'apassiona. En els experiments del CERN les col·laboracions són grans, de fins a més de dues mil persones, però cada persona acaba dedicant els seus esforços a un tema concret, és impossible seguir el que fa l'experiment de cap a cap. Però, tot i així, he de confessar que sóc un boig de la física de partícules. A més, el que ara faig mai ho hauria pogut fer sense l'expertesa adquirida durant els meus anys treballant al CERN i a SLAC.

Hores d'ara deueu estar tan intrigats com jo per saber en quin projecte treballarà Mokhtar d'aquí a uns anys. Els temps han canviat, MacGyver ha perdut el glamur. Però la destresa de persones com Mokhtar per visualitzar màquines a partir de coneixements de física bàsica no em deixa de sorprendre!

## Més informació a la xarxa

### Sobre el projecte Dear-Mama:

<http://www.ifaes.es/eng/dearmama-project.html>

### Sobre el projecte PET:

<http://www.vip-erc.com>

### Vídeo sobre el projecte DohaSol:

<http://www.youtube.com/watch?v=PgvtVxRza94>