

# El CERN, molt més que un laboratori de física

**Miguel Ángel Sanchis Lozano**

Departament de Física Teòrica, IFIC, Centre mixt CSIC · Universitat de València

**Era un dia fred i plujós** a Ginebra, allà pel novembre de 1953, quan un físic nuclear italià de mitjana edat va entrar a l'hotel Cornavin al cor del centre de la ciutat. Es va asseure al vestíbul, i començà a examinar detingudament els plànols d'unes noves instal·lacions que prèviament havia tret del seu maletí. Esperava un col·lega seu, un alt càrrec de l'Agència Suïssa de Seguretat Nacional, que arribà amb la puntualitat acostumada. Després d'una salutació breu, començaren a parlar en veu baixa entorn a un projecte que podria revolucionar el coneixement de la física nuclear i de partícules: un nou laboratori europeu que comptaria amb potents acceleradors on es produïrien feixos de protons, electrons i neutrinos d'una energia i intensitat desconeguda fins llavors.

No, no es tractava d'una reunió secreta entre espies en plena guerra freda per dissenyar una nova arma de destrucció massiva. Al contrari, El CERN (acrònim del *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) anava a construir-se a la neutral Suïssa i albergaria un centre d'investigació de primera línia en física fonamental; a més a més, podria contribuir a la distensió mundial i a la col·laboració científica entre països<sup>1</sup>. Cal assenyalar que, malgrat l'apel·latiu "nuclear" en les seues sigles, la investigació amb finalitat militar està prohibida en la seua carta fundacional.

Actualment, el CERN compta amb 22 estats membres que contribueixen financerament al seu sosteniment proporcionalment amb el seu PIB. Altres 58 països no membres participen també en els experiments del laboratori mitjançant institucions, com ara universitats i laboratoris, de tots els continents. Al llarg de més de seixanta anys d'existència, els seus assoliments científics han sigut impressionants, i han permès verificar amb suma precisió teories quàntiques sobre la constitució de la matèria i les forces fonamentals, que constitueixen el paradigma conegut com al Model Estàndard (Vegeu el quadre adjunt). A continuació, narraré, des d'una perspectiva personal, alguns dels descobriments més rellevants realitzats al CERN, amb un especial èmfasi en la participació dels físics valencians al llarg de les últimes dècades.

## Participació de la física valenciana al CERN

Essent un jove recent doctorat a primeries dels huitanta, em vaig incorporar al CERN gràcies a una beca de formació de personal inves-

El CERN compta amb 22 estats membres, que contribueixen financerament al seu sosteniment proporcionalment amb el seu PIB.

Altres 58 països més participen en els experiments a través d'institucions, com ara universitats i laboratoris.

tigador del llavors *Ministerio de Educación y Ciencia*. En aquell temps, Espanya no era encara membre del CERN (ho havia sigut entre 1961-69 per raons polítiques durant la dictadura, i hi tornà el 1983 amb l'arribada de la democràcia) i la presència de físics i enginyers espanyols al laboratori era més aïna escassa. Actualment, la comunitat espanyola vinculada al laboratori està formada per més d'un miler de científics, enginyers i tècnics.

Freqüentment, la primera estada al CERN d'un físic de partícules sols viure's com la primera visita d'un catòlic al Vaticà, o d'un musulmà a la Meca. És normal emocionar-se en veure grans "savis" (alguns premis Nobel), els noms dels quals havies llegit en els llibres de text, discutint relaxadament al teu costat, en el menjador. El CERN era i és com una xicoteta ciutat, amb hotel, centre mèdic, oficina d'un banc, restaurants i cafeteries, i un servei propi de bombers; una ciutat on, a diari, van a treballar unes cinc mil persones, entre científics, enginyers, tècnics, personal d'administració i serveis...

Jo havia realitzat la tesi doctoral sobre interaccions de protons d'alta energia sobre nuclis a l'Institut de Física Corpuscular (IFIC) de la Universitat de València, sota la direcció del professor **José Miguel Bolta**, que ha faltat fa gairebé un any a Xàbia, lloc que havia triat per a residir després de la seua jubilació. Als huitanta, l'IFIC era

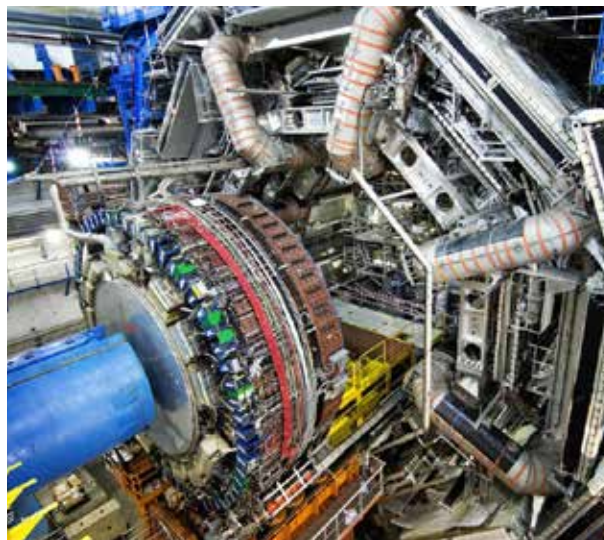
un centre d'investigació creat per iniciativa personal del professor **Joaquín Catalá** als anys cinquanta, per a l'estudi dels raigs còsmics. Encara que comptant, aleshores, amb un reduït nombre d'investigadors, l'IFIC posà en marxa des del principi un ambiciós pla de col·laboracions internacionals per a l'anàlisi compartit de resultats experimentals. Com a conseqüència, es va contactar amb el professor **Diambrini-Palazzi**, de la Universitat *della Sapienza* de Roma, llavors al CERN, amb el fi de participar en un experiment per a l'observació de partícules amb *charm* i la determinació de les seues propietats. L'"encant" (com també, l'"estranyesa" o la "bellesa") és un número quàntic equivalent a la càrrega elèctrica. Estranyesa, encant i bellesa estenen la família de partícules subatòmiques. Diambrini era un excel·lent físic amb una exquisida cultura clàssica, encara que molt despistat. Recorde que una nit, distretament se'n va emportar a sa casa, dins la butxaca, la clau de l'àrea experimental del CERN on tenia lloc la presa de dades, i vam haver d'anar-hi a buscar-la per a poder continuar el nostre experiment.



El telescopi espacial Hubble permet estudiar l'univers a gran escala, mentre que el LHC és un accelerador que actua com un potentíssim microscopi que explora el microcosmos fins a distàncies per davall del radi d'un protó. Ambdós aspectes són complementaris per a entendre la naturalesa i les seues lleis.

Una vegada al CERN, em vaig incorporar en un grup de treball, supervisat pel **Dr. Vanderhague**, que col·laborava amb l'IFIC, dirigit en aquella època pel catedràtic **Fernando Senent**. Vanderhague era un físic competent i treballador, i una persona d'una gran qualitat humana. Nascut a Bèlgica d'ascendència jueva, va fugir precipitadament durant la invasió nazi el 1940, i passà grans penalitats fins aconseguir arribar a Anglaterra. Ja al CERN, desenvolupà una gran activitat no sols científica, sinó també com a promotor i organitzador de cursos de formació dels quals parlaré més endavant.

D'altra banda, en la dècada dels noranta l'IFIC va gaudir d'un gran desenvolupament gràcies a la col·laboració iniciada amb el CERN, en particular participant en l'experiment anomenat DELPHI dins del LEP (acrònim de *Large Electron Positron collider*), un col·lisionador d'electrons i positrons, que va entrar en funcionament l'any 1989 i que va marcar una fita en la història de la física de partícules. Dissenyat en forma circular, amb uns 27 km de circumferència i situat a 100 metres sota terra, permetia assolir energies suficients per a la producció de parelles de bosons  $W^\pm$ , i el  $Z^0$ , que són els mediadors de les interaccions electró-dèbils, responsables, per exemple, de la radioactivitat beta dels nuclis radioactius.



Part del detector ATLAS dins del túnel del LHC. Observeu la seua gran complexitat.

Al CERN vaig tindre l'oportunitat de participar, amb l'IFIC, en el disseny, construcció i posada a punt d'un detector anomenat TOF (*Time Of Flight*). La seua finalitat era detectar muons còsmics capaços de travessar els 100 metres d'espessor de terra de profunditat, pertorbant les mesures en les col·lisions dels feixos de protons. Gràcies al bon treball realitzat pels físics valencians, com ara **Antonio Ferrer** (que llavors va assumir el lideratge de tot el grup), **Victoria Castillo**, **Emilio Higón** (que posteriorment agafà la responsabilitat del TOF ja instal·lat a DELPHI) i **Enrique Sanchis** (físic electrònic), el detector va funcionar impecablement, i va acomplir així el seu objectiu científic.



El CERN ha jugat també un paper decisiu en la formació i especialització de científics i enginyers europeus. Pel fet de ser un laboratori que utilitza complexes instal·lacions per a l'acceleració i la detecció de partícules, l'oportunitat d'aprendre en programes multidisciplinaris és única. Nombrosos cursos de formació en els camps de l'enginyeria, la física aplicada, la informàtica, la física teòrica i de partícules així ho demostren. Molts dels assistents aprofiten els cursos, i desenvolupen després les seues carreres professionals en empreses i indústries, on apliquen els coneixements adquirits al CERN.

D'altra banda, cal destacar els cursos i visites dirigides a professors de l'ensenyament no universitari, així com un curs d'estiu per als estudiants universitaris de graus de carreres científiques o tècniques. A més a més, s'hi organitzen cursos més avançats i de gran prestigi per a graduats, que cobreixen els camps de la física de partícules, acceleradors i informàtica. Per últim, citem el programa obert de visites guiades al laboratori per al públic en general, amb milers de visitants de totes les edats i procedents d'arreu del món.

### Futurs projectes

Encara que el programa científic del LHC actual està bastant definit per a les properes dues dècades, i la màquina està operant de manera molt eficient, els responsables del CERN guaiten ja més enllà d'aquest horitzó. Dues opcions es contempen pel relleu del gran accelerador: un col·lisionador lineal compacte (CLIC) o un futur col·lisionador circular (FCC), que aconseguirà energies sense precedents dins d'un anell de quasi 100 km de circumferència! Aquestes energies, versemblantment, han de permetre descobrir un món de noves partícules i forces, fins ara amagades per una tanca d'energia infranquejable.

1. Aquest es un relat imaginari però d'una història que bé pogué ocórrer de manera similar, després de la IV assemblea de la UNESCO celebrada a Florència l'any 1950, on es va decidir impulsar la cooperació científica entre països. Prestigiosos científics europeus agafaren el guant de la proposta que fructificà en la creació del CERN quatre anys més tard.

### EL MODEL ESTÀNDARD I LA "NOVA" FÍSICA

La matèria coneguda està constituïda per famílies diferents de quarks i leptons, que interaccionen mitjançant forces fonamentals de diversa intensitat. Com que les seues propietats exhibeixen notables simetries, els quarks i leptons es poden agrupar, d'una manera semblant a la taula dels elements químics de Mendelejev, en tres famílies o generacions.

Els tipus de quarks s'anomenen: *up* i *down* (que són els que formen protons i neutrons, és a dir, la matèria ordinària), *strange* (estrany), *charm* (encant), *bottom* o *beauty* (fons o bellesa) i *top* (cimera). Són noms arbitraris, alguns dels quals reflecteixen un (sovint amagat) sentit poètic o artístic dels físics.

Per altra banda, els leptons són els electrons i la seua família amb les variants més pesants, a més a més dels corresponents neutrins (quasi sense massa).

Els quarks i leptons, les tres forces quàntiques fonamentals (electromagnètica, dèbil i nuclear o forta), junt amb el bosó de Higgs (que dona la massa a la resta de partícules), constitueixen el paradigma anomenat Model Estàndard.

La força de la gravitació roman fora d'aquest esquema perquè és una teoria clàssica (tal i com la va formular Einstein) i no s'ha trobat per ara cap versió quàntica, al contrari de la resta de les altres interaccions.

En realitat, només coneixem (o creiem conèixer) el 4% de l'univers. Encara ens falta per saber què són la matèria i l'energia fosques, requerides per observacions astrofísiques.

Tres generacions de la matèria (fermions)

	I	II	III	
massa	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
càrrega	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
espín	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nom	<b>u</b> dalt	<b>c</b> encant	<b>t</b> cim	<b>Y</b> fotó
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	<b>d</b> baix	<b>s</b> estrany	<b>b</b> fons	<b>g</b> gluó
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptons	<b><math>\nu_e</math></b> neutrí electrònic	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrí muònic	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrí tauònic	<b><math>Z^0</math></b> bosó Z
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	+1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> electró	<b><math>\mu</math></b> muó	<b><math>\tau</math></b> tau	<b><math>W^\pm</math></b> bosó W

