

Els acceleradors marquen el ritme

Març 2011

INTRODUCCIÓ

Amb quin dispositiu es poden desenvolupar nous fàrmacs, discs durs de darrera generació, materials inèdits, escàners més precisos per detectar cèl·lules cancerígenes i, fins i tot, autenticar obres d'art?. Amb els acceleradors de partícules. Desconeguda i aparentment, molt complexa, la física de partícules, té aplicacions molt concretes i útils. El sincrotró ALBA, situat a Cerdanyola del Vallès (Barcelona), que començarà a funcionar al llarg d'aquest any, obre una via d'oportunitats laborals per a joves enginyers de molt diverses especialitats. Però no és l'únic. Arreu del món hi ha més de quaranta centres d'aquest tipus, sense oblidar el Gran Col·lisionador d'Hadrons (LHC) en el qual treballen desenes d'investigadors espanyols. A més, un nou projecte internacional, que contempla la construcció del major accelerador del món (el ILC), necessitarà enginyers altament qualificats de tots els països participants, entre els quals es troba Espanya i diverses institucions catalanes.



Sincrotró ALBA. Imatge: Generalitat de Catalunya.

Què és un accelerador de partícules?

Quan parlem d'un accelerador de partícules ens estem referint a qualsevol dispositiu que utilitza camps electromagnètics per accelerar partícules, impulsades a altes velocitats, que xoquen amb altres. D'aquesta manera, sorgeixen multitud de noves partícules, molt efímeres, que poden ser estudiades.

L'exemple més senzill d'un accelerador de baixa energia és el tub de raigs catòdics d'un televisor. Pel que fa als acceleradors d'alta energia, poden ser lineals o circulars.

ALBA, el sincrotró català

Un tipus d'accelerador circular és el sincrotró. A tot el món existeixen al voltant de quaranta i un d'ells, està situat a Catalunya, a Cerdanyola del Vallès (Barcelona). ALBA, el Laboratori de Llum de Sincrotró, va ser [inaugurat](#) el 22 març 2010 encara que està previst que comenci a funcionar al llarg d'aquest 2011. La pedra angular és un edifici de formigó i vidre amb forma de cargol de 268 metres de diàmetre, del qual depenen nombroses sales i tallers de recerca.

El seu mecanisme és el següent: un canó d'electrons produeix un feix inicial que s'accelera en el sincrotró fins a velocitats properes a la llum. Quan estan accelerats, els electrons s'injecten en un gran anell, on circulen amb una energia constant. En el moment en què descriuen una corba, emeten llum de gran intensitat, amb longituds d'ona que passen del visible als raigs X. Aquesta radiació, coneguda com llum de sincrotró, es dirigeix a les estacions de treball que envolten al gran anell perquè els científics realitzen les seves investigacions.

Funciona, per tant, com un microscopi gegantí i permetrà descobrir informació sobre àtoms i molècules. De moment, ALBA arrencarà amb línies de recerca dedicades a la biologia, ciències de materials (microelectrònica i nanotecnologia) química i física d'estat sòlid.



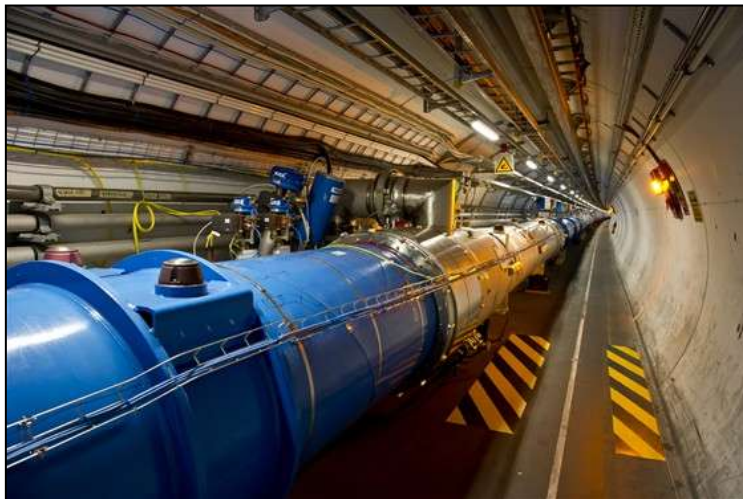
Esquema d'ALBA. Il·lustració: Ministeri de Ciència i Innovació.

ALBA és un projecte conjunt del Govern d'Espanya i la [Generalitat](#) de Catalunya i el seu cost total ha estat de 201 milions d'euros. El consorci [CELLS](#) (ConSORCI per a la Construcció, Equipament i Explotació del Laboratori de Llum de Sincrotró) s'encarrega de l'administració dels 22.870 metres quadrats que ocupen les seves instal·lacions. Aquest consorci va ser fundat per la Generalitat de Catalunya, a través del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació, i pel Govern d'Espanya, gràcies al Ministeri d'Educació i Ciència.

Actualment, uns 500 investigadors espanyols utilitzen llum sincrotró en els seus experiments, però han d'acudir a instal·lacions d'altres països per poder realitzar els seus assajos. Quan ALBA comenci a funcionar, aquesta situació canviarà ja que els experts calculen que serà utilitzat per prop de mil científics a l'any.

El descomunal Col·lisionador d'Hadrons (LHC)

El major accelerador de partícules del món és el LHC, el Gran Col·lisionador d'Hadrons. Situat a prop de Ginebra (Suïssa) al [CERN](#) (Organització Europea per a la Recerca Nuclear), el col·lisionador de partícules és un altre exemple d'accelerador circular. El seu anell fa 27 quilòmetres de circumferència i va ser utilitzat pel LEP (Gran Col·lisionador d'Electrons i Positrons) en els anys 70. Més de 2.000 físics procedents de 34 països van participar en la seva construcció.



Una petita part del LHC. Imatge: Maximilien Brice / CERN.

En funcionament des de setembre de 2009, el LHC va patir una [aturada](#) inicial a causa de l'ebullició d'heli líquid refrigerant (fruit d'una soldadura mal realitzada). Tot i aquest inici accidentat, l'accelerador ha aconseguit recrear amb èxit les condicions del *Big Bang*. Per viatjar 13.700 milions d'anys enrere en el temps, els científics van habilitar les condicions més fredes de l'univers (-272º) i topar feixos de protons en un procés d'energia de 7 TeV (teraelectrón-volt). Caldrà esperar uns mesos perquè els investigadors desxifren els resultats de l'experiment, una fita sense precedents en la física de partícules.

Entre els grans reptes de l'LHC està trobar l'hipotètic *bosson de Higgs*, la coneguda com "partícula de Déu" que s'explica en el Model Estàndard de la física de partícules. Descobrir-la seria fonamental per explicar l'origen de la massa d'altres partícules fonamentals. Un dispositiu d'aquestes dimensions genera una ingent tasca d'investigació. Per organitzar-la, l'accelerador té sis [experiments](#), col·laboracions internacionals que engloben a científics de tot el món. Cada experiment es caracteritza pel seu detector de partícules. ATLAS i CMS són els dos experiments grans, ALICE i LHCb són intermedis i TOTEM i LHCf tenen una dimensió menor.

Cara a cara amb Tevatró

I com si de la cursa espacial es tractés, també en el panorama dels acceleradors hi ha una gran competitivitat, encara que amb diferents protagonistes: EUA i Europa (en lloc de l'antiga Unió Soviètica). El nord-americà Tevatró era un dels acceleradors de partícules més importants fins que es va crear el LHC. Aquest sincrotró, gestionat per Fermilab, està situat a Illinois (EUA) i accelera protons i antiprotons en un anell de 6,3 quilòmetres de circumferència fins a energies de gairebé 1 TeV (teraelectrón-volt), xifra molt inferior als 7 TeV aconseguits per l'LHC. Tot i això, el Tevatró ha realitzat importants [descobriments](#), com la possibilitat de conèixer per què la matèria domina sobre l'antimatèria.

La realitat, però, podria ser ara per ara molt diferent, si el Congrés nord-americà no hagués cancel·lat el projecte del Supercolisionador Superconductor (SSC) el 1993. El major sincrotró del món, del que ja s'havien construït 23,5 quilòmetres de túnel a les afores de Dallas (Texas), anava a mesurar 87 quilòmetres de longitud per assolir els 20 TeV. No obstant això, el 2006, les instal·lacions van ser venudes a un grup d'inversió i avui, es troben abandonades. Sembla ser que els elevats costos de producció i la competència del projecte de l'Estació Espacial Internacional de la NASA van portar els congressistes del govern Clinton a cancel·lar el macro-projecte.



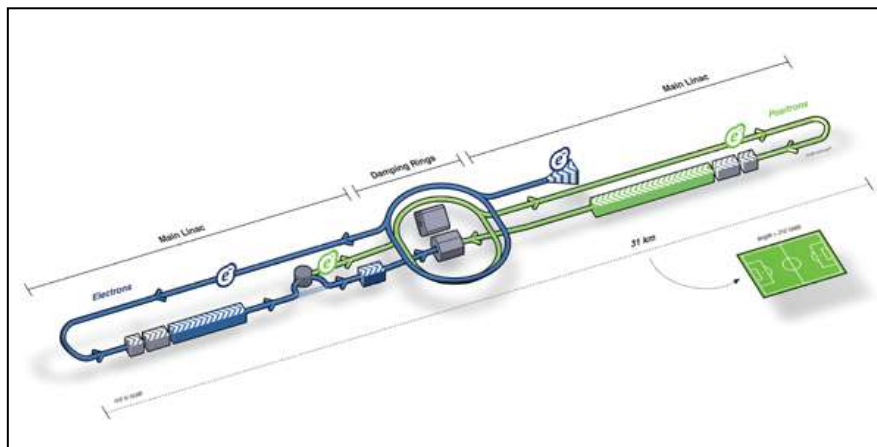
Detall de les obres inacabades del SSC. Imatge: Danny.umd / Wikipedia.

El futur: el nou accelerador ILC

I com que la investigació mai s'atura, els científics ja estan treballant en el disseny d'un nou gran accelerador de partícules: l'ILC (Col·lisionador Lineal Internacional), el primer projecte d'àmbit mundial en aquest camp. Per això, compta amb la participació dels principals centres de recerca: CERN, DESY (Alemanya), Fermilab i SLAC (EUA) i KEK (Japó). Els centres espanyols que ja estan treballant en el seu disseny són l'Institut de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV), Institut de Física de Cantàbria (IFCA), Centre

d'Investigacions Energètiques, Mediambientals i Tecnològiques (CIEMAT), Centre Nacional de Microelectrònica (IMB-CNM, CSIC), la Universitat de Barcelona (UB), la Universitat Ramon Llull (URL) i la Universitat de Santiago de Compostela (USC).

El passat mes de maig, València va acollir una [reunió](#) per avançar en el disseny del ILC. De moment, el que se sap és que serà un accelerador lineal (no circular, com el LHC) de 35 quilòmetres de longitud. Així, col·lisionaran electrons i positrons (els seus antipartícules) en lloc de protons, com passa al Gran Col·lisionador d'Hadrons. Aquesta col·lisió és més neta ja que no produeix els raigs X que s'originen per la circulació en línies corbes. A més, el ILC servirà per analitzar les troballes produïts en el LHC.



Esquema de com serà el ILC. Il·lustració: ILC.

Encara que la seva ubicació es decidirà en el període 2012-2014, els països involucrats en el seu disseny (entre els quals es troba Espanya) podran presentar les seves candidatures al llarg d'aquest 2011. En el seu desenvolupament ja participen 300 laboratoris i universitats de tot el món: 700 persones treballen en el seu disseny i 900, en el seu desenvolupament.

Presència espanyola en el desenvolupament del ILC

Per avançar en el desenvolupament del nou accelerador internacional i actualitzar el LHC neix el projecte [AIDA](#) (Infraestructures Europees Avançades per Detectores i Acceleradors). Aquest nou treball, coordinat pel CERN i parcialment finançat pel Setè Programa Marc de la Comissió Europea, va arrencar el passat 1 de febrer i durarà quatre anys. Amb un pressupost de 26 milions d'euros, el seu objectiu és integrar infraestructures de recerca i desenvolupar tecnologies per a futurs acceleradors de partícules (com el ILC).

L'investigador espanyol [Iván Vila Álvarez](#), de l'Institut de Física de Cantàbria (IFCA), ha estat elegit per coordinar el projecte durant els dos pròxims anys. A més del IFCA, des d'Espanya també participen l'Institut de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV), el Centre Nacional de Microelectrònica a Barcelona (IMB-CNM, CSIC), la Universitat de Barcelona (UB), la Universitat Santiago de Compostela (USC), l'Institut de Física d'Altes Energies

de Barcelona (IFAE) i el Centre d'Investigacions Energètiques, Mediambientals i Tecnològiques (CIEMAT).

De nous fàrmacs a obres d'art

Encara que pugui semblar que els experiments realitzats en els acceleradors de partícules es troben molt allunyats de la vida quotidiana, no és així. Alguna de les [aplicacions](#) pràctiques de sincrotró ALBA són les següents:

- Creació de nous fàrmacs.
- Disseny de noves teràpies mèdiques de diagnòstic per imatge i nous implants quirúrgics.
- Estudi d'organismes vius com virus o bacteris.
- Creació de nous materials semiconductors, plàstics, químics o teixits.
- Disseny de microdispositius.
- Anàlisi de l'autenticitat de restes històriques i obres d'art.
- Estudi de les estructures biològiques i les proteïnes.

Per la seva banda, el projecte AIDA treballarà al costat de la indústria sanitària per a desenvolupar noves tecnologies de diagnòstic mèdic i altres aplicacions que puguin ser rellevants per a la societat.

També alguns resultats del LHC ja tenen usos pràctics, segons assenyala [Manuel Díaz](#), físic del projecte ATLAS del Gran Colisionador, en una entrevista al Diari de Sevilla. Per exemple, la NASA està usant un programari de simulació desenvolupat per l'accelerador que també podrà utilitzar-se en noves tècniques de radioteràpia. Una tecnologia utilitzada per a l'experiment ATLAS també podrà utilitzar-se en la construcció de nous escàners, i així millorar el diagnòstic de malalties com el càncer. Pel que fa a sistemes d'emmagatzematge massiu de dades, no cal oblidar el potent sistema de distribució i càlcul de dades (GRID) que ha estat dissenyat per al LHC i que podrà revertir en la societat en un proper futur.

Oportunitats professionals

En els acceleradors de partícules treballen professionals amb dos tipus de perfils: aquells que controlen el dispositiu (tècnics) i els que utilitzen les dades que produeixen els experiments dels acceleradors (usuaris).

Els tècnics, per tant, poden:

- Dissenyar i controlar diferents tipus d'estacions experimentals i detectors.
- Dissenyar i controlar el funcionament dels elements de la instal·lació.
- Resoldre tots aquells problemes relacionats amb la interacció de les ones electromagnètiques i les partícules amb diferents materials.

Els usuaris-investigadors s'encarreguen de:

- Proposar aplicacions de la radiació de sincrotró en diferents camps de la ciència i la tecnologia.
- Interpretar el resultat de la interacció entre les ones electromagnètiques i les partícules amb diferents materials.
- Suggestir adequacions i modificacions en les instal·lacions per fer-les més idònies en els seus respectius camps de treball.



Investigadors. Imatge: Maximilien Brice / CERN.



Tècnics. Imatge: Laurent Guiraud / CERN.

Sincrotró ALBA

El consorci CELLS, gestor del sincrotró català ALBA, ofereix oportunitats laborals per a joves graduats en física, enginyeries o computació als quals els interessin els següents camps:

- Física de acceleració.
- Disseny de línies de llum.
- Investigació amb llum sincrotró.
- Computació i electrònica.
- Enginyeria mecànica.

Per als científics, CELLS ofereix possibilitats a aquells que procedeixin de les següents àrees:

- Difracció de pols d'alta resolució.
- Difracció no cristal (SAXS-WAXS) MICROFOCUS.
- Cristal·lografia de macromolècules.
- Espectroscòpies d'absorció.
- Dicroïsmo circular magnètic i reflectivitat ressonant.
- Fotoemissió: PEEM (microscopi electrònic) i nivell bàsic, combinat amb XES (espectroscòpia d'emissió de raigs X) per a aplicacions no UHV (ultra alt buit).
- Microscòpia de raigs X suaus.

A més, davant el ventall d'oportunitats professionals que s'obren amb el desenvolupament dels acceleradors de partícules i l'especificitat de les tasques realitzades, CELLS organitza un [Màster](#) Interuniversitari en Acceleradors de Partícules i Radiació de Sincrotró. La Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), la Universitat de Barcelona (UB) i la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) participen en la iniciativa.

CERN

El CERN ofereix als [estudiants](#) dels Estats membres de l'organització (com Espanya) pràctiques, estades d'estiu o programes de doctorat. Han de procedir dels següents camps: física aplicada, informàtica, electrònica, enginyeria mecànica, instrumentació per a acceleradors i experiments de física de partícules, ciència de materials, protecció contra la radiació, protecció i seguretat mediambiental, comunicació científica, topografia i ultra alt buit (UHV).

Recursos per a ampliar informacióAcceleradors / institucions:

- ALBA – CELLS: <http://www.cells.es/>
- LHC: <http://public.web.cern.ch/public/>
- AIDA: <http://aida.web.cern.ch/aida/index.html>
- ILC: <http://www.linearcollider.org/>
- Tevatrón: <http://www-bdnew.fnal.gov/tevatron/>

Entrevistes:

- Lyn Evans, ‘pare’ de l’LHC (Levante-El mercantil valenciano).
 - o <http://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2010/05/14/gran-acelerador-halla-particula-dios-sencillamente-existe/705232.html>
- Iván Vila, responsable del projecte AIDA (El diario montañés).
 - o <http://www.eldiariomontanes.es/v/20110227/economia/innova-cantabria/estos-experimentos-tienen-aplicaciones-20110227.html>

Multimèdia:

- Sincrotró ALBA. Generalitat de Catalunya.
 - o http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/multimedia/detall.do?idMedia=965173517032210&idioma=0&isRodesPremsa=null&isHomeMultimedia=true
- Sincrotró ALBA. Programa ‘Innova’ RTVE.
 - o <http://www.rtve.es/mediateca/videos/20110304/innova-sincrotron-alba/1036324.shtml>

Curiositats:

- “200 alumnes de Secundària investigaran per un dia amb el major accelerador de partícules del món”. Europa Press.
 - o <http://www.europapress.cat/societat/noticia-200-alumnes-secundaria-investigaran-per-dia-amb-major-acelerador-particules-mon-20110302131759.html>