



El 22 de març es va inaugurar, a Cerdanyola del Vallès, el sincrotró ALBA, una de les instal·lacions científiques més importants d'Espanya. Amb un cost total de 201 milions d'euros, repartits a parts iguals entre el Govern de l'Estat i la Generalitat de Catalunya, s'espera que podrà acollir prop d'un miler d'investigadors anualment. Però, què és exactament un sincrotró? I per a què servirà l'ALBA? A continuació us en fem cinc cèntims.<sup>1</sup>



© CELLS, Pepo Seguro

**Línia de difracció no cristal·lina (NCD)**

- ♦ Es tracta d'una línia de dispersió de raigs X amb resolució temporal en sistemes no cristal·lins, que permet l'estudi de sistemes biològics funcionals.
- ♦ Es treballa amb mostres que poden ser solucions, gels o polímers fibrosos, com ara solucions d'òrgànuls cel·lulars o feixos de DNA. L'objectiu és obtenir informació estructural del sistema, al mateix temps que porta a terme la funció que té.
- ♦ Aquest tipus de línies de treball han permès detectar estats estructurals intermediaris de vida curta com, per exemple, el que protagonitzen els filaments de troponina i tropomiosina a l'inici de la contracció muscular. En el sarcòmer, l'activació d'aquestes proteïnes només dura uns pocs mil·lisegons, però és prou temps perquè els raigs X d'un sincrotró la captin.

**Línia d'espectroscòpia i microscòpia de fotoemissió (CIRCE)**

- ♦ Consta d'un microscopi sofisticat —anomenat *microscopi electrònic de fotoemissió* (PEEM)— que permet estudiar les superfícies dels materials a escala nanomètrica.
- ♦ En aquesta línia també és possible ajustar la polarització de la llum, de manera que també és sensible a les direccions de magnetització.
- ♦ Aquestes propietats s'utilitzen per estudiar i construir dispositius magnètics a escala nanomètrica, recerca que pot derivar en el desenvolupament de memòries magnètiques més petites i ràpides.

**Què és la llum de sincrotró?**

- ♦ La llum de sincrotró és radiació electromagnètica emesa per partícules carregades, normalment electrons, sotmeses a una acceleració circular. Aquesta radiació, habitualment en forma de raigs X, s'emet tangencialment a la trajectòria de les partícules.
- ♦ Aquests raigs X tenen una brillantor sense precedents, fet que permet l'estudi de la matèria a escala molecular i atòmica amb una gran precisió.

**Línia de cristal·lografia de macromolècules (XALOC)**

- ♦ Aquesta línia permet exposar un cristall d'una macromolècula, com ara una proteïna o un àcid nucleic, a un feix de raigs X. En incidir sobre el cristall, la radiació es dispersa i genera una imatge de punts que es pot analitzar matemàticament per obtenir l'estructura atòmica de la molècula.
- ♦ Mitjançant aquesta tècnica es pot conèixer l'estructura tridimensional d'una proteïna, un aspecte d'una gran importància per investigar-ne la funció, que no es pot abordar amb els microscopis ordinaris. Actualment, es coneix la forma 3D d'unes 50.000 proteïnes, de manera que encara queda molt per descobrir sobre els centenars de milers de proteïnes que pot tenir un ésser viu.

**Línia d'espectroscòpia d'absorció i emissió de raigs X (CLASS)**

- ♦ Permet estudiar materials de qualsevol tipus de forma —sòlids cristal·lins, sòlids amorfs, líquids i gasos— i obtenir-ne informació estructural i electrònica, com ara les distàncies entre àtoms i el grau d'oxidació d'un àtom metàl·lic, entre altres dades.
- ♦ Aquesta línia es pot utilitzar per millorar, per exemple, els catalitzadors de tres vies. Es tracta d'uns aparells molt utilitzats en motors de gasolina que converteixen el CO, els NOx i els hidrocarburs no cremats en gasos innocuos. Una millora d'aquests aparells consistiria a allargar-ne el temps de vida útil.

Fotografia © ESRF/IL 3D/J.F. Sanchez, Synchrotron Soleil

1. Informació i imatges adaptades de *The ALBA synchrotron light source*, editat el març de 2010.

## Com funciona l'ALBA?

- ◆ Els paquets de partícules s'originen en un canó d'electrons i d'aquí es transfereixen a un accelerador lineal. Aleshores es transvasen a un sincrotró propulsor —d'uns 250 m de perímetre—, on els electrons s'acceleren fins a arribar gairebé a la velocitat de la llum.
- ◆ Finalment, i sempre en condicions de buit, els paquets d'electrons es transfereixen a l'anell d'emmagatzematge, un túnel d'uns 270 m de perímetre que transcorre paral·lel al sincrotró propulsor. En aquest compartiment, trenta-dos electroimants dipolars forcen els feixos d'electrons a corbar la trajectòria, que dona com a resultat l'emissió tangencial de raigs X.
- ◆ Però entre imant i imant hi ha trams rectes en què els electrons no emeten radiació. En aquestes seccions, els sincrotrons

de tercera generació, com l'ALBA, incorporen dispositius d'inserció: estructures magnètiques multipolars que obliguen els electrons a desplaçar-se fent ondulacions. Això fa que emetin novament radiació, sovint més brillant que la que s'emet des dels dipols.

- ◆ Inicialment, l'ALBA disposa de set estacions de treball, sis de les quals utilitzen llum sorgida de dispositius d'inserció i una de vinculada a la radiació sorgida d'un dipol. Cada estació de treball disposa d'una línia de llum específica pensada per estudiar aspectes concrets de la matèria. No obstant això, les aplicacions del sincrotró van des de la proteòmica i la biologia cel·lular fins a la ciència dels materials, l'electrònica, la química i l'arqueologia, entre moltes d'altres.

### Línia de microscòpia de transmissió de raigs X tous (MISTRAL)

- ◆ Inicialment, aquesta línia actua com una radiografia, de manera que els fotons passen a través d'una mostra i s'obté una imatge del contrast d'absorció de l'objecte (els elements que absorbeixen llum apareixen més foscos que els no absorbents). Però l'avantatge és que també permet reconstruir el volum de la mostra com ho fa una tomografia computada, fet que dona una idea de la seva estructura 3D.
- ◆ Amb aquesta tecnologia es poden obtenir imatges de mostres petites amb una resolució espacial elevada. L'objectiu és estudiar les estructures subcel·lulars en el moment precís en què actuen, una informació que recopilada podria constituir un autèntic atlas de la cèl·lula.
- ◆ Un exemple de l'aplicació d'aquesta tècnica ha estat la reconstrucció dels diferents fenotips de *Candida albicans* (2009), que va permetre descobrir-ne els mecanismes de patogenicitat i desenvolupar teràpies per prevenir-ne la infecció.

### Línia de ciència dels materials i difracció de pols (MSPD)

- ◆ Línia dedicada a tres procediments: la difracció de cristalls, la difracció de pols d'alta resolució i la difracció de pols a altes pressions mitjançant cel·les d'enclusa de diamant.
- ◆ Es tracta d'una línia idònia per treballar amb pressió, una variable que pot provocar grans canvis en l'estructura i les propietats d'un material sense alterar-ne la composició química. Només cal recordar que la pressió pot convertir el carboni en diamant.
- ◆ La difracció de cristalls permet estudiar la disposició específica dels àtoms d'un material, fet que pot determinar-ne les propietats.
- ◆ Les aplicacions d'aquesta línia van des del descobriment de nous minerals, com ara la perovskita que es creu que hi ha al mantell profund de la Terra, fins a la recerca amb material ferroelèctric, que es troben en antenes de telefonia, memòries flaix i impressores de tinta, entre altres dispositius.

### Línia d'absorció i dispersió ressonant (BOREAS)

- ◆ Destinada a l'estudi de materials magnètics, l'energia dels raigs X d'aquesta línia es pot seleccionar per fer-la coincidir amb la dels nivells electrònics d'un element determinat, fet que permet estudiar de manera selectiva un material concret.
- ◆ També es pot canviar la polarització de la llum, un aspecte relacionat amb l'orientació espacial i la direcció de la magnetització. Un material magnetitzat en una direcció determinada, per exemple, no absorbeix igual la llum polaritzada dretgirada que la levogira.
- ◆ Entre altres aplicacions, aquesta línia permet fer recerca detallada sobre les memòries magnètiques de gran capacitat, com ara les que inclouen els ordinadors portàtils.



© CELLS, Pepo Segura



« La ciència també necessita grans infraestructures »

Dues dècades després de les primeres converses sobre la construcció d'un sincrotró a casa nostra, el projecte s'ha fet realitat enguany. El passat mes de març es va fer la inauguració oficial del sincrotró ALBA, una gran instal·lació destinada a l'estudi de la matèria a nivell atòmic i molecular. De ben segur, la instal·lació no hauria estat possible sense la tenacitat de Ramon Pascual, catedràtic de física teòrica de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i una de les ànimes del projecte, malgrat que el qualificatiu li resulta incòmode. «Es tractava de donar resposta a una necessitat científica», assegura.

ENTREVISTA

Ramon Pascual  
President del consorci del sincrotró ALBA

**Quan pensem en grans equipaments sovint oblidem els destinats a recerca, no és així?**

Sí, i no tothom n'és conscient. Quan es fa servir la paraula *infraestructura*, tothom pensa en carreteres i ferrocarrils, fins i tot en equipaments culturals; però també es necessiten infraestructures científiques. Les grans instal·lacions científiques són espais que requereixen una gran inversió i que tenen múltiples aplicacions. No són gaire comunes a Espanya, sobretot comparades amb França, Alemanya i altres països amb què volem competir.

**I l'ALBA cobreix part d'aquest buit...**

En certa manera, sí. Comencem a tenir algunes infraestructures d'un cert pes, com ara el Gran Telescopi de Canàries, el Laboratori Nacional de Fusió del CIE-MAT, el Centre Nacional de Microelectrònica i el superordinador Mare Nostrum. En el cas del sincrotró, el més proper era el de Grenoble, una instal·lació europea en què Espanya participa. Però aquest sincrotró, de més potència que altres, es va pensar com un complement a les instal·lacions que cada país participant ja tenia, excepte en el cas espanyol, que no en tenia cap en territori propi.

**Bé, ara ja el tenim. Què representarà per a la comunitat científica de casa nostra?**

Doncs que els investigadors tindran un instrument molt potent al seu abast i ja

no caldrà que vagin a l'estranger per fer experiments que requereixen una font de llum de sincrotró. En aquest sentit, deixarem d'estar en inferioritat de condicions respecte d'altres països que sí que en tenien.

**Per mirar de descriure'l fàcilment, podríem dir que un sincrotró és com un microscopi gegant?**

En el sentit que és una eina per observar coses petites, podria dir-se que és com un microscopi. Un sincrotró permet estudiar estructures i materials de diferents tipus, com ara les estructures cristal·lines, mitjançant l'emissió de llum. Però aquesta llum no està limitada a l'espectre visible, com en els microscopis convencionals, sinó que abasta altres espectres, en especial els raigs X. De tota manera, a nosaltres aquesta comparació no ens acaba de fer el pes.

**Per quin motiu?**

Potser perquè no reflecteix exactament la complexitat que tota aquesta instal·lació representa. No és tan senzill com comprar un microscopi i que poc després vingui un tècnic de l'empresa al laboratori per posar-lo en marxa. Nosaltres estarem uns quants mesos posant-ho tot a punt: les diferents estacions de treball, els acceleradors, etc. I és que ens hem d'assegurar que, abans de rebre investigadors per fer-lo servir per als seus projectes, tot estigui calibrat com cal; si no, els resultats no serien fiables.

**Faran proves pilot, doncs.**

Exactament. Convidarem una sèrie d'usuaris experimentats per fer tests i posar a punt tota la maquinària. Seran com els conillets d'índies, per dir-ho d'alguna manera. Un cop sapiguem que tot funciona com cal, podrem obrir la instal·lació als usuaris que ho sol·licitin. De tota manera, quan el sincrotró estigui en ple funcionament, continuarem treballant per millorar tots els processos que puguin ser millorats, i sense que això sigui un inconvenient per als usuaris.

**Quan s'hi podrà accedir?**

Esperem que a mitjan any vinent. Els criteris d'accés seran com els de qualsevol altre sincrotró del món. Obrirem dues convocatòries l'any per presentar projectes o propostes d'experiments. Aleshores, un comitè s'encarregarà de seleccionar qui entra i qui no, segons múltiples criteris, com ara la novetat i l'interès de la proposta, o si és adient per a la línia de treball que es demana, entre d'altres.

**Entenc que l'accés serà gratuït...**

En aquest cas tampoc no inventem res de nou. Si la recerca que finalment es derivi de l'ús del sincrotró acaba sent de domini públic, aleshores l'accés serà de franc, sempre que se superin els criteris del comitè de selecció, és clar. Cal que els resultats es publiquin, que tothom pugui consultar-los i que no hi hagi un rendiment econòmic al darrere.



Fotografia © CELLS

### **Aleshores, les empreses en queden al marge?**

Depèn. Si les investigacions que portin a terme s'acaben publicant i no deriven en patents, podran mirar d'accedir-hi de franc. De tota manera, sempre podran optar a contractar els serveis del sincrotró. Però no és només una qüestió d'empreses, no, i sector públic, sí. Un grup de recerca universitari, per exemple, que arriba a un acord amb una empresa per desenvolupar un producte que al final s'acabarà comercialitzant, també haurà de pagar l'ús del incrotró.



### **Quina serà la tarifa?**

Al voltant de 4.000 euros per quatre hores. I en aquest temps es poden fer moltes coses. Es tracta d'un preu similar al d'altres instal·lacions d'arreu del món. De tota manera, pel que fa al sector privat hem tingut alguna conversa tímida amb algun laboratori farmacèutic, però no hem generat gaire entusiasme. Potser és perquè fan poca

recerca o perquè no fan investigacions que requereixin una a font de llum de sincrotró.

### **Inicialment, l'ALBA tindrà set línies per fer experiments, no és així?**

Sí. En principi hi haurà set estacions de treball, cadascuna amb les seves característiques particulars i, per tant, pensada per donar serveis concrets, tot i que poden ser en àrees diferents. Hi ha la línia de cristal·lografia de macromolècules, una altra de difracció de material no cristal·lí, i també n'hi ha una d'absorció de raigs X.

### **Per què aquestes set i no d'altres?**

Per decidir les que es construirien inicialment vam recórrer a una associació d'usuaris de llum de sincrotró. Després de diverses reunions i tallers en van sortir tretze propostes. Aleshores, una comissió científica assessora les va fer avaluar per experts internacionals que ni tan sols nosaltres sabem qui són. Finalment, es van recomanar les set inicials, amb la intenció, sobretot, d'atendre la gran quantitat d'usuaris que esperem, tot i que n'hi ha alguna una mica més especial.

### **Quina és?**

La de microscòpia de transmissió de raigs X. N'hi ha poques al món, i crec que serà interessant tenir-la. De tota manera, arrencarem amb aquestes set; però en tenim dues més d'aprovades, que es començaran a construir el 2011, i quatre més en estudi.

### **Quines de les estacions de treball són les més indicades en biologia?**

N'hi ha clarament tres que estan enfocades a donar servei a la recerca en biologia i biomedicina. Es tracta de les línies de cristal·lografia de macromolècules, la de dispersió amb resolució temporal de sistemes no cristal·lins i la de microscòpia de raigs X de què parlava abans. Aquesta darrera està pensada principalment per obtenir imatges de material biològic.

### **No està malament, tres de set...**

Històricament, els principals usuaris dels sincrotrons han estat els físics, per raons òbvies. Avui, amb l'auge de la biomedicina, la proteòmica i la biologia estructural, els sincrotrons també s'han convertit en eines importants per als biòlegs, de manera que esperem tenir-ne molts fent experiments per aquí. De fet, els sincrotrons són útils per a moltes disciplines i per això tots acostumen a tenir sobreeserves. En aquest sentit, l'avantatge de l'ALBA és que té molt potencial per créixer, ja que pot albergar fins a 33 línies de treball.

### **I per què arrenquen amb tan poques línies?**

Doncs perquè hauria estat un disbarat construir-les totes de cop: són instal·lacions molt cares. El més prudent és anar-les creant segons les necessitats. De tota manera, sóc força optimista, estic segur que aquestes set línies inicials s'ompliran de seguida. **I**

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H  
I  
J  
K  
L  
M  
N  
O  
P  
Q  
R  
S  
T  
U  
V  
W  
X  
Y  
Z