

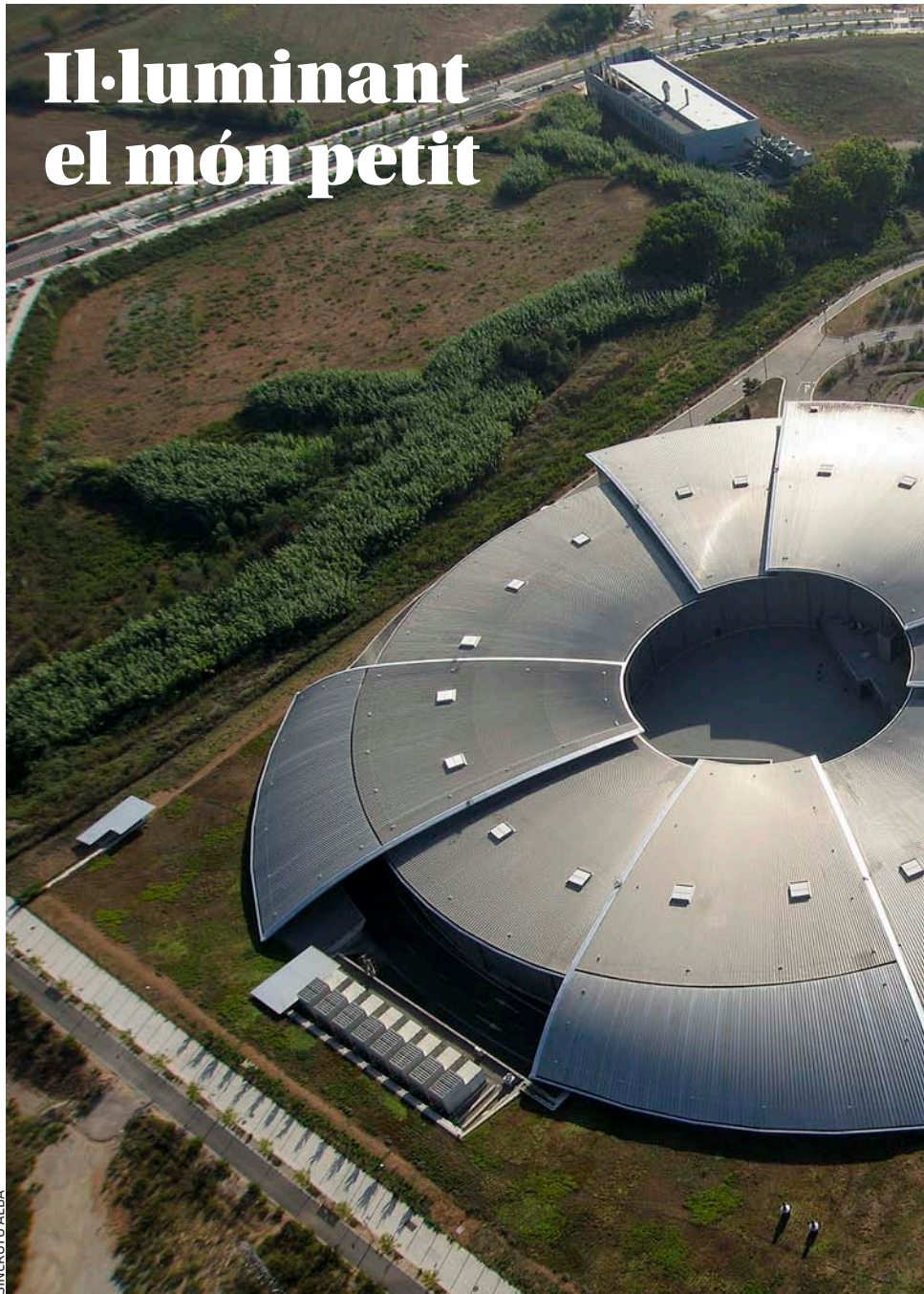
**A**ra mateix, un munt d'ones electromagnètiques estan xocant contra el paper o la pantalla de l'ordinador per arribar fins als teus ulls, que estan dotats d'uns sensors que capten algunes d'aquestes ones i les traslladen al cervell perquè siguin reconvertits en imatges. Però el nostre aparell visual, tot i ser fascinant, és imperfecte. Com a mínim incomplet, perquè només és capaç de captar una petita part de l'espectre electromagnètic. Dit d'una altra manera, només podem veure les ones electromagnètiques que tenen una determinada longitud d'ona, un paràmetre que defineix la distància entre les crestes d'una ona i que està relacionat amb la seva energia.

Les ones electromagnètiques poden ser més o menys energètiques: les més energètiques són les de freqüència més alta o, el que és el mateix, les de longitud d'ona més curta. La franja energètica que nosaltres podem veure es troba al mig de l'espectre electromagnètic i, per motius obvis, ens hi referim com a llum visible. Ara bé, les ones de ràdio, les microones, els infrarojos, els raigs ultraviolats, els raigs X i els raigs gamma també són llum. Senzillament, tenen longituds d'ona que els nostres ulls no poden captar.

Afortunadament, allà on no arriba la nostra naturalesa física molts cops hi arriba la nostra tecnologia, i ja fa molts anys que sabem utilitzar la llum no visible per veure-hi allà on els nostres ulls estan a cegues. Això és el que es pot fer al Sincrotró ALBA, una gran infraestructura que genera una llum que ens permet veure coses tan petites com els àtoms i les molècules. La llum visible no ens permet veure detalls tan petits però els raigs X –la radiació principal del Sincrotró ALBA–, sí. La llum de sincrotró es fa servir per analitzar l'estructura atòmica i molecular de molts materials, ja siguin orgànics o inorgànics. Des de virus, proteïnes i cèl·lules fins a catalitzadors, cel·les solars i dispositius de microelectrònica.

L'ALBA dona servei a molts investigadors del país i de l'estranger. La immensa majoria són de centres públics, que poden accedir a la llum de sincrotró de manera gratuïta. Això sí, com que el temps i l'espai és limitat, un comitè internacional selecciona els experiments de més qualitat científica. Aproximada-

## Il·luminant el món petit



SINCROTRÓ ALBA

El Sincrotró ALBA és una de les grans infraestructures de Catalunya. Funciona com un microscopi gegantí per veure allò que els nostres ulls no ens deixen veure, i dona servei a investigadors i a empreses d'alta tecnologia que volen estudiar l'estructura atòmica i molecular de molts tipus de materials orgànics i inorgànics.

Reportatge d'Àstrid Bierge



Vista aèria del Síncrotró Alba.

ment, la meitat de les sol·licituds acaben quedant fora. Un petit percentatge de l'ús del síncrotró està reservat als científics de les empreses privades, que han de pagar per aquest servei i que no estan obligats a fer públics els resultats dels seus experiments.

### El síncrotró

Un síncrotró és un accelerador de partícules que pot tenir diversos objectius.

Per exemple, l'accelerador europeu del CERN, que és el més potent del món, es fa servir per estudiar partícules subatòmiques. Allà s'acceleren protons perquè s'estavellin els uns contra els altres i es fragmentin en les partícules que es pretenen estudiar. Els protons, doncs, mentre circulen han de perdre el mínim d'energia possible perquè el xoc sigui el més brutal possible. Al síncrotró ALBA l'objectiu és diferent. Aquí s'acceleren

electrons, però no per destruir-los sinó perquè emetin llum de síncrotró. Per tant, cal que perdin el màxim d'energia possible.

Un canó produeix un feix inicial d'electrons –tan fi com un cabell humà– que s'accelera en el síncrotró fins a velocitats properes a la de la llum. Un cop accelerats, els electrons s'injecten en l'anomenat anell d'emmagatzematge, on circulen dins d'una cambra de buit. Uns imants controlen la direcció dels electrons perquè segueixen la forma corba de la cambra. Això és important ja que, si es vol que emetin llum de síncrotró, cal desviar-los de la trajectòria recta que seguirien de manera natural. Els electrons circulen durant hores per aquest anell i ho fan en paquets. N'hi ha 288 i en passa un cada dos nanosegons. Com que constantment estan alliberant llum de síncrotró, cal anar-los reinjectant l'energia que van perdent perquè puguin seguir viatjant a un 99,9999985% de la velocitat de la llum. Això ho fan les cavitats de radiofreqüència, que donen un impuls energètic cada cop que passa un paquet d'electrons.

La llum de síncrotró que van generant és recollida i enviada cap a les diferents línies de llum, que estan fora del túnel de l'accelerador. La línia de llum és el conjunt d'elements òptics que filtren la longitud d'ona requerida per a cada experiment i l'enfoquen cap a les diferents estacions de treball, que és on els investigadors l'utilitzen per fer les seves observacions. Cada estació està especialitzada en un tipus d'experiment i per tant la maquinària varia.

La llum de l'ALBA són principalment raigs X perquè la seva longitud d'ona coincideix amb la mida de les molècules. Però els que s'utilitzen al síncrotró són diferents que els de les radiografies. Cal tenir en compte que, de la mateixa manera que la llum visible va del vermell al violeta, una ona de raigs X no sempre té la mateixa longitud d'ona. Els que s'utilitzen als hospitals per fer ra-



PEPO SECURA

→ diografies tenen característiques molt diferents dels del sincrotró. “Tu poses una persona davant dels nostres feixos de llum i no els fas una radiografia”, ens explica Salvador Ferrer, adjunt a la direcció i científic de l’ALBA. Els feixos de llum que s’utilitzen aquí són molt més fins i intensos que els dels hospitals. Això vol dir que a cada feix de llum hi ha una concentració molt més alta de raigs X. Aquesta llum tan brillant i focalitzada és necessària per poder observar les mostres mil·limètriques, micromètriques i nanomètriques que s’estudien a les estacions experimentals de l’ALBA.

Per exemple, en una de les línies de llum es pot observar l’estructura interna d’una cèl·lula. “La tècnica emprada és la mateixa que es fa servir als TAC dels hospitals, però com que la mostra és molt més petita, el feix de raigs X ha de ser molt més fi i concentrat”, diu Ferrer. Igual que en un TAC, es prenen imatges des de diferents angles per poder fer una reconstrucció tridimensional de la cèl·lula. Aquesta tècnica ajuda els investigadors a conèixer el comportament de les cèl·lules en diferents situacions. En un experiment, per exemple, se’n va infectar una amb el virus de

## AMB ELS RAIG X ES PODEN VEURE LES PROTEÏNES QUE CAL ATACAR AMB ELS FÀRMACS

l’hepatitis C i es va poder observar com la seva estructura interna s’anava desfent. Posteriorment, s’hi van introduir els medicaments que s’utilitzen per combatre la malaltia, primer un de barat i després un de més car. Així, es va poder veure com l’estructura es recuperava, parcialment amb el primer i totalment amb el segon, donant informació als científics sobre els motius pels quals uns medicaments funcionen millor que d’altres.

### Mesurant l’energia dels elements químics

Al Sincrotró ALBA normalment s’estudien mostres molt més petites que les cèl·lules, que tenen molts milions d’àtoms. Si es vol anar més avall i observar mostres molt més petites, no es poden utilitzar tècniques d’observació

tan directes com les radiografies o els TAC, en què una imatge s’obté pel contrast entre la matèria que ha absorbit tots els raigs X i la que n’ha deixat passar una part.

Per poder observar el món atòmic i molecular cal aprofitar altres fenòmens físics. Una de les tècniques que s’utilitzen és l’anomenada espectroscòpia de raigs X, molt utilitzada per fer anàlisis químiques. És a dir, per saber de què està feta una mostra determinada. Cada element de la taula periòdica absorbeix la llum d’una longitud d’ona concreta. Aquest paràmetre és com una signatura. Per tant, per poder saber de quins elements està feta una mostra, s’hi envia llum amb diverses longituds d’ona i s’observa quines ones en surten i quines han quedat absorbides pel material. D’aquesta manera no sols es poden conèixer els elements químics de la mostra sinó també la manera com estan enllaçats en molècules. Aquesta tècnica s’utilitza, per exemple, per analitzar la naturalesa atòmica de catalitzadors o bateries. Els investigadors porten al sincrotró les mostres que han sintetitzat als seus respectius laboratoris per veure si el mètode que han utilitzat els ha fet obtenir allò que volien.



Interior del túnel d'acceleradors, on es veu a la dreta l'anell d'emmagatzematge i a l'esquerra l'anell propulsor. A la fotografia de baix es veu la línia de llum CIRCE, a la qual es fan estudis d'espectroscòpia de fotoemissió.

En aquest cas, els raigs X són absorbits pels electrons dels àtoms que estan a la superfície de la mostra. Amb aquesta energia extra, els electrons vibren i s'escapen del material. Llavors són recollits per un detector i, segons la quantitat d'energia que tinguin, es pot deduir l'estructura atòmica de la superfície.

### Els ulls de les farmacèutiques

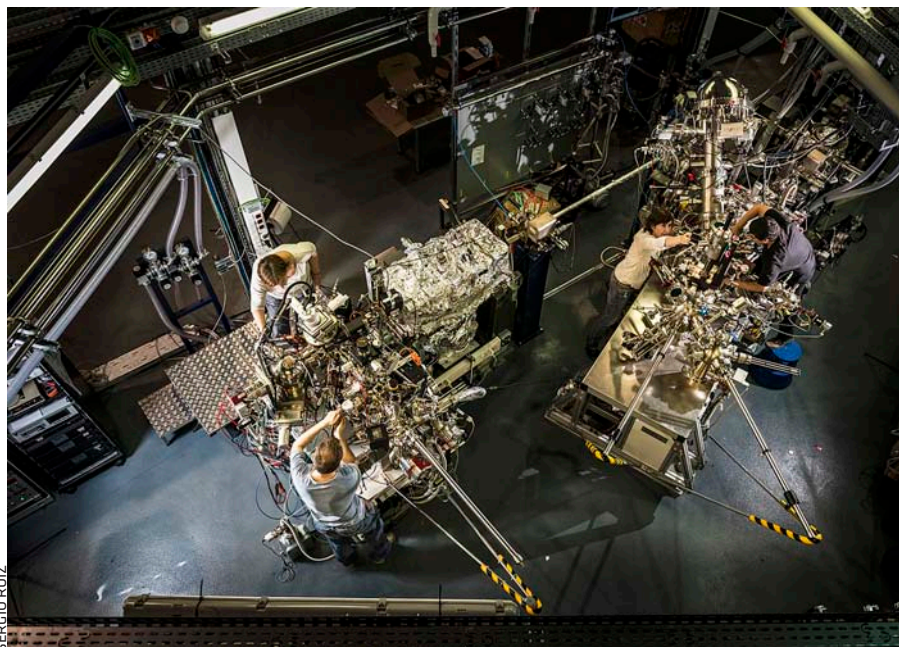
Un altra tècnica per veure el món petit gràcies a la llum de sincrotró és la cristal·lografia de raigs X, molt utilitzada per les farmacèutiques per observar a nivell atòmic les proteïnes diana que volen atacar amb els fàrmacs. La tècnica permet entendre com interaccionen aquestes proteïnes amb les molècules que estan desenvolupant i que actuen com a medicaments. El fenomen que serveix per extraure informació és molt diferent que en l'espectroscòpia, on la interacció entre la llum i la mostra, com hem explicat, genera canvis energètics que posteriorment són mesurats. Amb la cristal·lografia, els raigs X no perden energia quan passen a través de la mos-

A banda de l'absorció, hi ha altres fenòmens que es poden aprofitar per fer espectroscòpia de raigs X. Per exemple, una de les línies de l'ALBA es basa en l'efecte fotoelèctric per estudiar les superfícies de catalitzadors o de dispositius utilitzats en microelectrònica.

tra ni n'arrenquen electrons, sinó que canvien de direcció. O el que és el mateix, es difracten. Segons els angles de difracció dels raigs, captats per un detector, es pot saber l'estructura atòmica i molecular de la mostra. Ara bé, perquè la llum es difracti prou bé, la mostra ha de ser un cristall. És a dir, que els àtoms han d'estar empaquetats de manera ordenada i amb patrons de repetició que s'estenguin en les tres dimensions espacials.

Alejandro Sánchez, cap de l'oficina industrial del Sincrotró Alba, ens explica que les empreses farmacèutiques cristal·litzen centenars de mostres als seus laboratoris abans de portar-les al sincrotró. Han de portar tantes mostres perquè en una tongada poden voler observar molts complexos diferents proteïna-fàrmac. A més, la cristal·lització de proteïnes és un procés molt complex i cal portar rèpliques per tal d'assegurar l'èxit de les mesures. De seguida que s'exposen a la llum de sincrotró es pot veure la qualitat de la mostra en funció de la nitidesa del mapa de difracció que creen els detectors. Si el cristall és bo, si la llum ha difractat bé, les dades obtingudes seran bones. Cal tenir en compte, però, que per poder veure realment com és la proteïna i la seva interacció amb els fàrmacs cal tractar aquestes dades amb programes informàtics.

Entendre bé l'estructura atòmica de la proteïna diana que es vol atacar per curar una malaltia i la seva interacció amb els fàrmacs que s'estan desenvolupant permet modificar el disseny d'aquest fàrmac i millorar-ne les propietats, com per exemple la seva potència, eficàcia i selectivitat. Per exemple, en un experiment es pot observar com un medicament s'engrana amb l'ADN del virus de la malària i, a partir dels resultats, al laboratori es pot anar dissenyant el medicament perquè cada cop sigui més efectiu. "Nosaltres som els ulls de les farmacèutiques!", exclama Sánchez. ●



SERGIO RUIZ