

L'Institut Català de Nanotecnologia (ICN) i el Centre d'Investigacions en Nanociència i Nanotecnologia (CIN2)*

Interès de la nanotecnologia

Darrerament hi ha hagut un esclat del que anomenem *nanotecnologia*, la qual ha transcendit des del món de la recerca fins a calar en la societat. S'espera molt de les aplicacions que se'n poden derivar i, a més, les perspectives econòmiques són extraordinàries. Moltes són les propietats que tenen els objectes a escala nanoscòpica, però en podem destacar un parell: la quantitat d'àtoms que conté un objecte (per simplificar, de forma esfèrica) depèn de r^3 (el cub del radi), mentre que la quantitat d'àtoms en superfície depèn de r^2 . Si reduïm les dimensions, la relació d'àtoms de superfície/àtoms de volum es fa cada vegada més gran, de tal manera que a escala nanoscòpica les propietats de l'objecte ja no vénen determinades per les propietats dels àtoms de volum, com és habitual en l'àmbit macroscòpic i microscòpic, sinó que vénen influenciades, o més ben dit, directament determinades, per les condicions de la superfície. Matemàticament diríem que les condicions de contorn són essencials per determinar les solucions i que tota modificació d'aquestes condicions de contorn n'afecten críticament les solucions. Traduït en llenguatge físic, els nanoobjectes són uns sensors excel·lents, perquè qualsevol modificació de l'estat de la superfície repercuteix directament en canvis notoris en les propietats dels objectes. Una altra característica important de molts nanoobjectes és la capacitat que tenen d'autoorganitzar-se, de manera que obren un enorme ventall de possibilitats per controlar i bastir nous materials amb propietats a mida. A l'interès intrínsec que presenten els nanoobjectes s'ha d'afegir la conjuntura del bon moment en què aquest interès s'ha fet palès. En efecte, ens trobem immersos en un món del coneixement en què les fronteres entre la ciència i la tecnologia es van difuminant d'una manera accelerada, cosa que facilita la transició entre la concepció d'idees i la concreció de resultats pràctics, i el *feedback* dels avenços tecnològics i de control sobre la millora en abordar els problemes des del punt de vista científic. En el cas que ens ocupa, el de la nanociència i la nanotecnologia, els avenços que s'esperen a curt termini estan fonamentats en uns pilars sòlids. Hi ha molts problemes oberts, però simplificant molt podríem dir que a nivell de síntesi i creixement, molts processos fisicoquímics s'han estandarditzat; s'ha resolt el problema de la desagregació de partícules i es governa bé el procés de funcionalització

*Presentació a càrrec de **Jordi Pascual** i **Albert Figueres**, de l'ICN.

de nanoobjectes i nanosuperfícies. En general, les tècniques de caracterització, i més concretament les específiques del camp propi de la nanotecnologia —les *scanning probe microscopies* (SPM)—, així com les tècniques de manipulació que se'n deriven, han experimentat en poc més de vint anys de vida un avenç espectacular. Podríem dir que aquest avenç ha estat el motor que ha pilotat el desenvolupament de la nanociència i la nanotecnologia. Paral·lelament, la creixent velocitat del processament de dades i passos lògics dels nous ordinadors fa que teòricament es plantegin problemes cada vegada més complexos amb una gran fiabilitat dels resultats que s'obtenen, cosa que permet comprendre i preveure les propietats i el comportament dels nanoobjectes. Dos dels colls d'ampolla més importants per establir protocols que ens permetin obtenir productes basats en la nanotecnologia —útils socialment i a preus competitius— són a hores d'ara el processament i la solució als problemes d'interfícies nano/micro/macro, que permeten el diàleg entre el món nanoscòpic i el macroscòpic. En particular, el problema derivat de l'eficiència de la inserció de nanoobjectes en els processos tecnològics és un dels reptes més difícils als quals estem abocats actualment.

Accions en nanotecnologia

La Generalitat de Catalunya, a través del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI), ha iniciat tota una sèrie de mesures per potenciar determinats camps d'investigació i desenvolupament en els quals aspira a ser un referent amb reconeixement internacional. Entre els camps de recerca que cal potenciar s'ha considerat que la nanociència i nanotecnologia és una de les apostes clares amb grans perspectives de futur immediat. Amb aquest esperit, el febrer de 2003, es van iniciar un seguit d'actuacions dins del III Pla de recerca de Catalunya, que es concretaren en l'elaboració d'un programa de beques amb l'objectiu que joves investigadors assolissin un bon nivell científic (beques NANO) i en la creació del Centre de Referència en Bioenginyeria (CREBEC) i de l'Institut Català de Nanotecnologia (ICN). Aquestes accions s'han desenvolupat i reforçat en exercicis posteriors a la seva implantació. L'ICN, o més concretament la fundació privada Institut Català de Nanotecnologia, és una fundació que es va constituir l'11 de juliol de 2003. Està regida per un òrgan superior de govern, el Patronat, del qual formen part el DURSI i la Universitat Autònoma

de Barcelona (UAB); té un director amb funcions encomanades o delegades pel Patronat i disposa d'un Consell Científic, que és l'òrgan assessor de l'ICN pel que fa a les qüestions relacionades amb l'activitat científica de la Fundació. El president del Patronat és el conseller del DURSI, Carles Solà, catedràtic d'Enginyeria Química de la UAB. El primer director de l'ICN fou Antoni Oli-va, catedràtic de Química Física de la UAB, i des del 6 d'abril de 2005 ho és Jordi Pascual, catedràtic de Física Aplicada de la UAB. El president del Consell Científic és Miquel Salmerón, del Lawrence Berkeley Laboratory, a Berkeley (EUA), que a més fa d'assessor de l'ICN.

Inicialment l'ICN es va concebre com un institut català de recerca amb edifici propi, ubicat al campus de la UAB. Posteriorment el CSIC va mostrar el seu interès a participar en la posada en marxa d'un centre mixt que englobés l'ICN i el CSIC. L'acord dels dos organismes es va plasmar amb la signatura d'un protocol d'intencions entre el DURSI, el CSIC, la UAB i l'ICN, el dia 18 de maig de 2005 amb l'objectiu d'elaborar un conveni que segellés i concretés l'acord de les parts. Aquest conveni està en la darrera fase d'elaboració i és voluntat de les parts poder-lo signar en els propers mesos. La persona encarregada del CSIC per pilotar el procés és Albert Figueras, professor d'investigació del CSIC que desenvolupa la seva activitat a l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona. El tret més destacat de l'acord és que el CSIC es farà càrrec de la construcció de l'edifici, amb una superfície edificable de 6.700 m², en una parcel·la de 3.648 m² cedida en ús per la UAB; el DURSI hi aportarà el capital necessari per a l'equipament científic del centre mixt, que amb tota probabilitat s'anomenarà Centre d'Investigacions en Nanociència i Nanotecnologia (CIN2). Està previst que en total, quan el CIN2 estigui a ple rendiment, el nombre d'investigadors sigui en torn de 200.

Departaments i línies de treball

Tot i que estem en fase de creixement i consolidació, i que està previst que triguem encara uns anys per assolir el ritme estable de funcionament, podem avançar algunes de les característiques i línies de treball. El camp de la nanociència i la nanotecnologia és amplíssim i, per tal de dissenyar un centre de recerca, cal reduir el camp d'actuació i escollir unes determinades línies científiques que donin coherència al centre. Un primer punt que s'ha de considerar és l'entorn en què ens movem. Així, al campus de la UAB hi ha centres i instituts d'investigació potents en temes afins. És el cas de la mateixa UAB, amb departaments, serveis científicotècnics i xarxa d'hospitals i altres centres associats; instituts del CSIC com ara l'Institut de Microelectrònica de Barcelona (IMB-CNM) i l'ICMAB; MATGAS, associació d'interès econòmic entre Carburons Metàlics, el CSIC i la UAB; el Laboratori de Llum de Sincrotró; el Parc Tec-

nològic del Vallès, etc. En aquest entorn, que forma part de l'Esfera UAB, ens trobem còmodes i la nostra voluntat és d'establir sinergies en temes de recerca. Entenem que la recerca en objectius tan nous com el que ens ocupa ha de tenir un procés dinàmic, és a dir, pot ser que temes que avui es consideren d'interès, en el futur es consolidin o bé que deixin pas a altres reptes; o bé, que línies no previstes actualment s'incloguin en un futur. Per aquest motiu les línies de recerca que presentem a continuació no són ni estanques ni tenen voluntat de permanència, llevat que l'interès científic així ho justifiqui. A dia d'avui, la recerca l'estructurem en quatre grans departaments, tres dels quals tenen un caràcter més marcadament d'investigació en nanociència i el quart està més enfocat al desenvolupament de la nanotecnologia pròpiament dita. Aquesta distinció —que no pot ni ha de ser del tot nítida— respon a la voluntat d'assolir uns nivells d'excel·lència en recerca bàsica, però sense deixar de banda la necessitat de vehicular part de la recerca en temes que incideixin més directament en sectors d'interès tant econòmic com social. Els departaments inicials desenvoluparan la seva activitat en els àmbits següents:

- Modelització, simulació, *imaging* i manipulació atòmica i molecular.
- Síntesi i funcionalització de nanoestructures.
- Propietats físiques de nanoestructures.
- Dispositius nanobiosensors.

A més d'aquesta estructura d'organització vertical, es pensa enfocar també els objectius d'acord amb els *outputs*, dins d'una perspectiva d'estructuració horitzontal del centre. Encara estan per acabar de concretar les sortides que ens proposem en el centre i, per tant, no especificarem els detalls, però sí que podem avançar que tenim intenció d'incidir en temes com ara la nanometrologia, la instrumentació, l'energia i el medi ambient, entre d'altres.

Les línies de recerca ja consolidades (preveiem augmentar-ne el nombre en els propers anys) que desenvoluparem als diferents departaments són les següents:

Departament de modelització, simulació, *imaging* i manipulació atòmica i molecular:

- a) Propietats electròniques, magnètiques, vibracionals i estructurals de materials moleculars a escala nanomètrica

Estudi de les interfícies orgànica i inorgànica tant des del punt de vista fonamental com pensant en la concepció de dispositius. L'equip bàsic de mesura serà el *low temperature scanning tunneling microscope* (LT-STM). Es pretén fer un estudi microscòpic (topogràfic) de molècules aïllades, illes i mono-

capas, i un estudi espectroscòpic dels estats vibracionals i electrònics. Es caracteritzaran materials orgànics cristal·lins amb resolució submolecular, on les transicions de fase serà un dels temes preferents d'estudi.

b) Magnetisme de nanoestructures

Estudi de propietats de disposicions ordenades de nanopartícules magnètiques sobre substrats magnètics o no magnètics, heteroestructures laminars i funcionalització de materials orgànics en superfícies i la seva relació amb aplicacions tecnològiques com ara commutadors atòmics i moleculars, dispositius integrats espintrònics i suports d'emmagatzematge. S'utilitzaran tècniques de microscòpia i espectroscòpia d'efecte túnel (STM i STS).

c) Teoria i simulació de nanoestructures

Desenvolupament i aplicació de tècniques de simulació consolidades en l'estudi de problemes específics (p. e., contactes a escala nanoscòpica, efecte túnel inelàstic, simulació d'imatges STM, etc.) i desenvolupament de noves tècniques de simulació (p. e., mètodes híbrids entre els clàssics i els quàntics, estudi de la conducció electrònica als nanotubs de carboni més enllà del règim balístic, etc.).

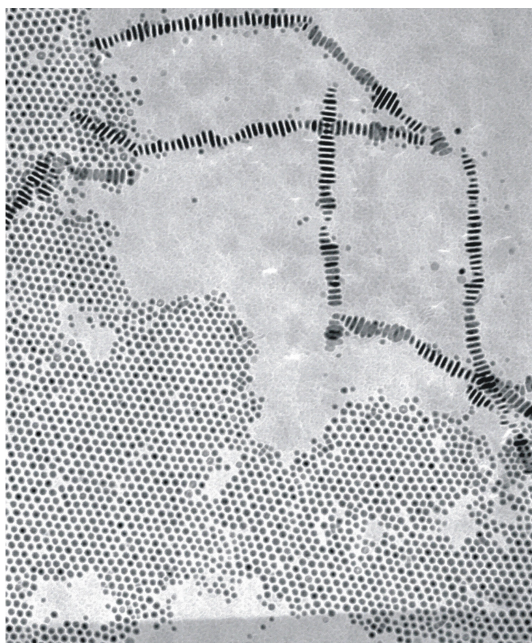


Figura 1: Monocapa d'esferes de Co de 10 Nm i discs de Co

Departament de síntesi i funcionalització de nanoestructures:

a) Laboratori de nanopartícules

Programa integral des de la síntesi fins a les aplicacions finals. Síntesi a partir de la descomposició

d'organometàl·lics, de nanopartícules semiconductores, metàl·liques i òxids. Funcionalització, dispersió i formació de nanoestructures per autoorganització. Aplicacions en els camps de la fotònica, catalisi, materials, biologia i medicina, entre d'altres.

b) Materials moleculars funcionals en superfícies

Establiment de bases que permetin dipositar d'una manera totalment controlada sistemes moleculars en superfícies i la seva caracterització. S'empraran mètodes d'autoorganització assistits per tècniques nanolitogràfiques. S'estudiaran sistemes amb l'objectiu d'obtenir nanoimants moleculars, interruptors moleculars, fils moleculars, etc.

c) Materials híbrids

Desenvolupament de la «química en matriu». Aquest és el cas, per exemple, de l'ús de polímers com a nanoreactors en el creixement controlat de nanopartícules metàl·liques i catalitzadors, o bé la síntesi de materials híbrids nanocompostos formats per polímers (conductors, biopolímers, etc.) i materials inorgànics amb activitat química, electroquímica, iònica, etc.

Departament de propietats físiques de nanoestructures

a) Nanomagnetisme

Millora de les propietats funcionals dels materials magnètics a partir del control de la mida dels cristalls a escala nanomètrica. Efecte de les propietats intrínseques i cerca de processos que permetin la millora i el control de les propietats funcionals. Cerca de noves rutes i dissenys que permetin obtenir nous dispositius útils en l'emmagatzematge i la lectura en medis magnètics d'alta densitat.

b) Nanoòptica

Investigació de la millora de les condicions de confinament òptic en diferents tipus de nanoestructures. Estudi de les propietats d'emissió òptica de nanoobjectes en relació amb la modificació de l'entorn. Capacitats del microscopi de camp proper (SNOM) en nanofabricació: la fotoactivació com a mètode per a la bioestructuració de superfícies (fotoimmobilització de molècules, etc.).

c) Nanoiònica

Preparació de capes primes de materials conductors iònics amb propietats de transport iònic i electrònic gegants, controlades per les zones pròximes a les regions interfacials entre dominis cristal·lins de dimensió nanomètrica. Els materials objecte d'estudi són nanocompostos, obtinguts per creixement seqüencial de pel·lícules discontinües i estructures multicapa.

d) Nanoelectrònica quàntica

Estudi de propietats elèctriques i mecàniques d'estructures nanomètriques, com ara els nanotubs de carboni. L'objectiu és obtenir detectors ultrasensibles, com és el cas del disseny d'un dispositiu que permeti determinar l'espectre d'energia de molècules subjectes a pertorbacions externes, o la construcció d'un oscil·lador electromecànic a fi de detectar nivells de força ultrafebles o bé vibracions extremament ràpides.

Departament de dispositius nanobiosensors

Desenvolupament de biosensors a partir de la utilització de microtecnologies i nanotecnologies (BIO-MEMS/BIONEMS) i la seva integració en microsystemes del tipus *lab-on-a-chip*, per obtenir plataformes miniaturitzades que poden ser utilitzades fora de l'entorn del laboratori. El procés inclou la modelització teòrica, la immobilització i nanoestructuració dels receptors biològics, la fabricació dels dispositius, la microfluídica i la integració de components en microsystemes.