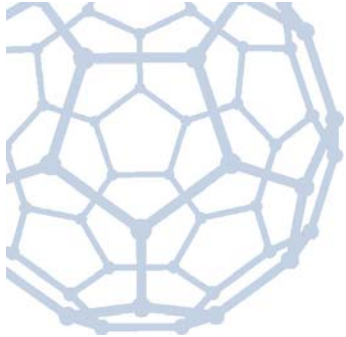


Introducció a les nanotecnologies i les nanociències

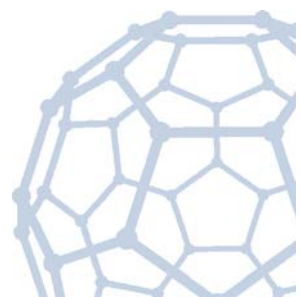


ACC10
CIDEM | COPCA



INTRODUCCIÓ A LES NANOTECNOLOGIES I LES NANOCIÈNCIES

1



Pérez Rodríguez, Juan

Introducció a les nanotecnologies i les nanociències

Bibliografia

I. Escolano Sitjes, Carles II. Rijn, Menno van III. ACC1Ó

IV. Títol

1. Nanotecnologia 2. Nanoestructures

621.385.833:62-4

El text pot ser reproduït totalment o parcial prèvia autorització del Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial (CIDEM). Es reserven tots els drets del disseny gràfic i artístic.

© Generalitat de Catalunya
Departament d'Innovació, Universitats i Empresa
Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial (CIDEM)

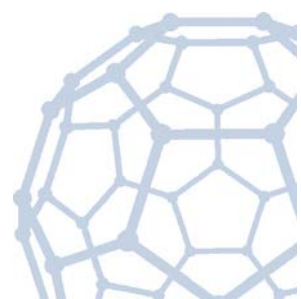
ACC1Ó - CIDEM/COPCA
Passeig de Gràcia, 129 - 08008 Barcelona
Tel: 93 476 72 00
publicacions@cidem.gencat.net
www.acc10.com

Autors: Juan Pérez Rodríguez, Carles Escolano Sitjes i Menno van Rijn de Bax & Willems Consulting Venturing
Coordinació, disseny i realització: ACC1Ó CIDEM/COPCA
Fotos de la portada: cortesia de BASF i Bayer.

1^a edició: abril 2008
Edició: 700 exemplars
D.L.:

ÍNDEX

0. Agraïments	4
1. Introducció	4
2. Introducció a la nanociència / nanotecnologia.....	4
2.1. Què entenem per nanociència?	5
2.2. Què entenem per nanotecnologia?	5
2.3. La revolució de la nanociència i la nanotecnologia (N&N)	7
2.4. El mercat de les nanotecnologies	8
3. Exemples d'aplicacions industrials.....	11
3.1.1. Medicina / biologia.....	11
3.1.2. Automoció	14
3.1.3. Energia	17
3.1.4. Alimentació	20
3.1.5. Tèxtil	23
4. Conclusions i recomanacions.....	27
4.1. Conclusions	27
4.2. Recomanacions	27
Annex I. Glossari de termes	29
Annex II. Principals tombants en N&N	31
Annex III. Bibliografia	32
Annex IV. Organitzacions amb activitats en nanociència / nanotecnologia a Catalunya	34
A. Empreses	34
B. Centres tecnològics	35
C. Universitats	36
D. CSIC	38
E. Altres	39



0. Agraïments

Els autors que han elaborat el present document per encàrrec del CIDEM, l'empresa Bax & Willems Consulting Venturing (B&W) volen agrair la contribució de les empreses que han preparat un cas pràctic per als diferents sectors d'aplicació considerats en el document.

La selecció d'aquestes empreses ha anat a càrrec dels autors i inclou Activerly Biotech (sector medicina/biologia), Rovalma (sector automoció), Matgas (sector energia), Aromics (sector alimentació) i Color Center (sector tèxtil).

1. Introducció

L'objectiu d'aquesta publicació és introduir el lector en el camp de la nanociència i la nanotecnologia (N&N) des d'un enfocament essencialment divulgatiu. La N&N està considerada per molts com la propera revolució industrial, amb una implicació potencial enorme per a la majoria de sectors industrials a mig i llarg termini.

Aquest document consta de diverses seccions. La primera se centra a introduir els conceptes de la N&N, i indica les principals raons per les quals promet un potencial tan gran. Així mateix, s'hi fa una anàlisi breu dels principals mercats d'aplicació en l'actualitat.

A continuació es revisen cinc d'aquests sectors d'aplicació: medicina / biologia, automoció, energia, ali-

mentació i tèxtil. S'hi exposen breument, per a cadascun d'ells, les possibles contribucions de la N&N. Tot i que, per tal de facilitar-ne l'explicació, s'han aportat exemples d'aplicacions reals i futures, no es pretén pas cobrir tots els camps d'aplicació d'una manera exhaustiva.

Al final de cada sector, s'hi ha inclòs un cas pràctic d'una empresa de Catalunya que desenvolupa un producte o procés basat en la N&N dins d'aquest sector. A l'últim, s'hi inclou un capítol amb conclusions i recomanacions generals.

Nota: Les paraules en cursiva, es defineixen en l'Annex I. Glossari de termes, al final d'aquest document. I les notes al peu apareixen a la pàgina 26.

2. Introducció a la nanociència/nanotecnologia

2.1. Què entenem per nanociència¹ ?

En el seu informe de 2004, la *Royal Society and Royal Academy of Engineering* defineix la nanociència com l'«estudi dels fenòmens i la manipulació dels materials a escales atòmica, molecular i macromolecular». Tot i que no hi ha un criteri uniforme, en general es consideren estructures nanomètriques² aquelles en les quals, almenys una de les 3 dimensions es troba per sota dels 100 nm.

El dibuix següent ajuda a entendre millor l'escala nanomètrica:

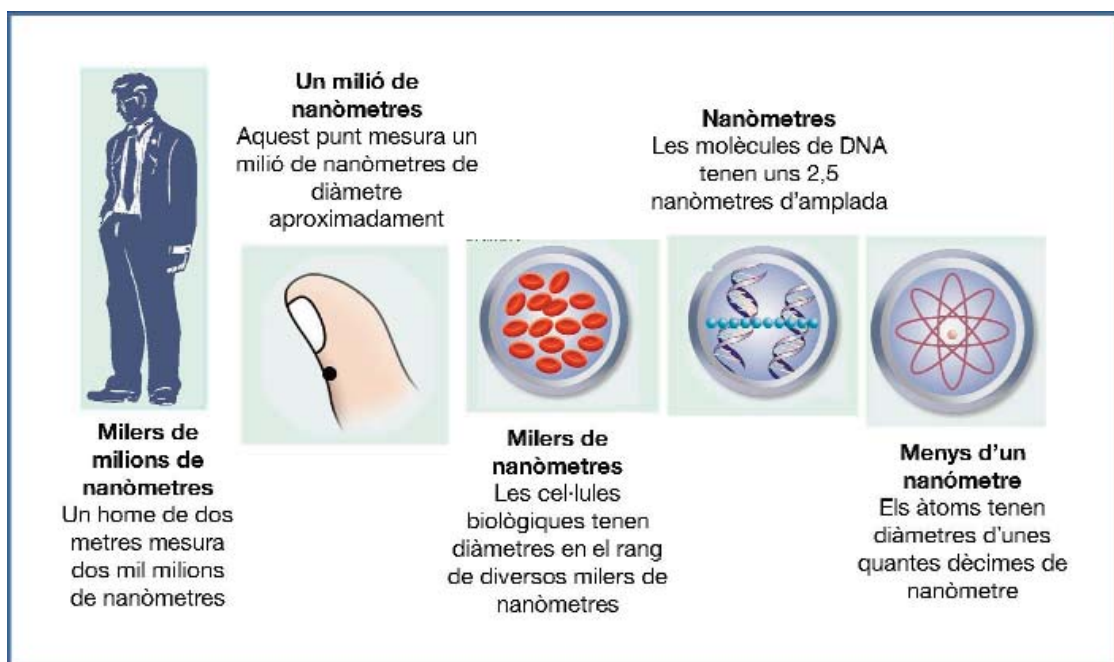


Figura 1. Representació de l'escala nanomètrica

En manipular la matèria a l'escala d'àtoms i molècules apareixen propietats diferents a les del mateix material a escala 'macro'. D'una banda, el nombre d'àtoms en la superfície dels nanomaterials és major, a causa de la seva major àrea superficial específica, fet que dóna lloc a un augment de la reactivitat química. D'altra banda, a aquesta escala dominen els efectes quàntics, que canvien les propietats òptiques, magnètiques i elèctriques de la matèria.

Segons una altra definició una mica menys formal, la nanociència no és altra cosa que l'extensió de ciències existents (química, física, biologia, etc.) al regne del nanòmetre. De la mateixa manera que durant dècades s'ha disposat d'instruments per visualitzar i analitzar les propietats dels materials (tenacitat, duresa, etc.) a altres escales i elaborar models que n'expliquin el comportament i les propietats, la nanociència ho fa a escala nanomètrica.

2.2. Què entenem per nanotecnologia?

La nanotecnologia és la tècnica, dispositiu o sistema que permet treballar a escala nanomètrica. En l'informe de la *Royal Society and Royal Academy of Engineering* es defineix la nanotecnologia com 'el disseny, la caracterització, la producció i l'aplicació d'estructures, mecanismes i sistemes mitjançant el control de la forma i la grandària a escala nanomètrica'.

Al darrere d'aquesta, aparentment, senzilla definició, s'hi amaguen moltes preguntes. Quins tipus de nanotecnologies hi ha?, es poden classificar d'alguna manera?, en quins processos es poden aplicar?.

Destruïnt o creant: diferents enfocaments i diferents resultats.

Les nanotecnologies poden classificar-se en dues grans categories, segons l'enfocament de producció.

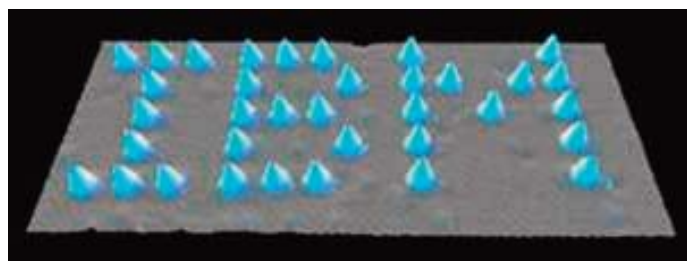


Figura 2. Logo d'IBM a base d'àtoms de xenó. Gentilesa d'IBM

En l'enfocament *top-down* (de dalt a baix) es parteix de materials a escala macro o microscòpica per donar lloc a materials a escala nanomètrica. Aquest tipus de nanotecnologia ha estat el més utilitzat fins a avui i és, per tant, el més consolidat.

En el cas de l'enfocament *bottom-up* (de baix a dalt) es parteix d'àtoms i molècules individuals per combinar-los i crear estructures. Es tracta d'un enfocament emergent, ja que si exclouem els processos de síntesi química, es troba en fases molt inicials de recerca i desenvolupament i presenta molts més reptes que no pas l'enfocament anterior.

Mentre que l'enfocament *top-down* inclou tecnologies com, per exemple, la litografia o la mòlta (per obtenir partícules nanomètriques), l'enfocament *bottom-up* es basa en tecnologies com l'autoacoblament químic o la manipulació d'àtoms individuals (acoblament posicional) utilitzant la *microscòpia de força atòmica* o la *microscòpia d'efecte túnel*.

La nanotecnologia: evolució o revolució?

Malgrat l'interès creixent per tot allò que incorpori el prefix 'nano', moltes indústries porten dècades beneficiant-se de les propietats dels materials a aquesta escala. Les membranes zeolítiques en són un bon exemple. Es tracta d'un material d'origen natural amb porus d'uns 2 nm de diàmetre, àmpliament utilitzat per la indústria química per a la separació de reactius o la purificació de l'aigua. Un altre exemple són les nanopartícules de *negre de carbó*, utilitzades com a pigment i reforç de pneumàtics per la indústria automobilística des de fa cent anys.

I és que molts processos de producció relacionats amb les nanotecnologies són processos ja consolidats en diverses indústries. En moltes ocasions, la reducció a escala nanomètrica només els millora. No obstant això, enfocaments *bottom-up* com l'acoblament posicional o l'autoacoblament sí que són nous per a l'home. En realitat, porta milions d'anys utilitzant-los, però no ha estat fins ara que l'home ha pogut començar a entendre'ls i utilitzar-los. De moment, al laboratori i d'una manera molt limitada.

Tot seguit es mostren dos exemples de nanotecnologies, la primera una de consolidada que està rebent un nou impuls gràcies a la N&N, mentre que la segona es pot considerar una tecnologia emergent.

Millorant el control sobre la deposició química en fase vapor a través de la nanocaracterització

El procés CVD (Chemical Vapour Deposition) és una tecnologia utilitzada per a la producció de capes fines o diferents tipus de partícules (p.e. nanopartícules o nanotubs de carboni).

El procés consisteix a escalfar el material (precursor) que es vol dipositar per convertir-lo en vapor i llavors dipositar-lo sobre una superfície. L'aplicació de calor i l'ús de catalitzadors inicien el procés de deposició que dona lloc als recobriments o nanopartícules. En el cas dels recobriments, el substrat sobre el qual es dipositen és el substrat final.

L'esquema següent visualitza un exemple de configuració del procés de CVD, on el reactor consisteix en un tub de quars encerclat per un forn de dos passos. Tanmateix, hi ha multitud de variants del procés CVD: forns d'un o dos passos, escalfament del reactor o només del substrat, etc.

Actualment és un procés essencial en la producció de semiconductors i components electrònics, recobriments d'eines i parts resistents a la fricció o a la corrosió. No obstant això, aquest procés té encara algunes limitacions importants que la nanotecnologia pot contribuir a solucionar.

En concret, la N&N permet una millor caracterització de les propietats resultants i una millor comprensió de l'impacte dels paràmetres del procés en el resultat final. En conseqüència, seria possible el disseny de capes fines (p.e. la seva estructura cristal·lina) d'acord amb les funcionalitats requerides en aplicacions específiques, així com també millorar l'adhesió entre la capa fina i el substrat.

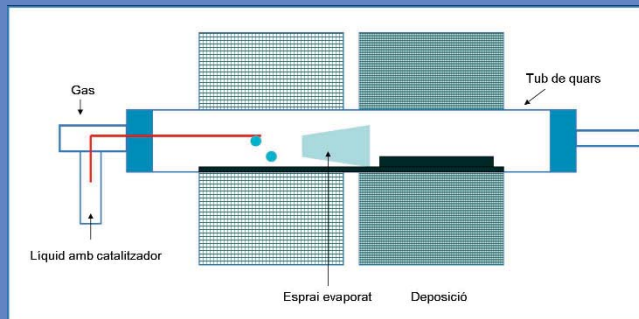


Figura 3. Exemple de configuració del procés CVD³

D'altra banda, el millor coneixement del procés permet augmentar la reproduïbilitat del resultat del procés (molt depenent de la qualitat dels materials precursors) i la producció de nous materials de manera controlada, essent-ne l'exemple més extrem el dels nanotubs de carboni.

6

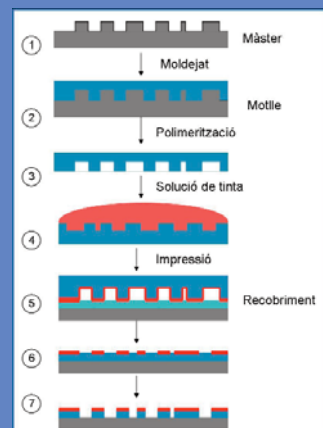
Així, un procés que va ser utilitzat per primer cop el 1880 per al recobriments dels filaments de làmpades d'incandescència, està rebent un nou impuls gràcies a la N&N i permetent l'obtenció de nous i millors productes.

De la litografia òptica a la nanoimpressió

La litografia òptica és el mitjà d'impressió de circuits electrònics més utilitzat per la indústria electrònica. La velocitat i el rendiment dels xips i, per tant, de les computadores, depèn de la grandària mínima d'impressió. Com més petita és la grandària, més gran és el nombre de circuits en una mateixa superfície.

El procés utilitza la llum per transferir un patró a una superfície. La superfície del material està recoberta amb una capa fina polimèrica que actua com a resistència (resina). La llum travessa una màscara que conté el patró desitjat i el patró es transfereix a la resina. La incidència de la llum canvia la composició química de la resistència i fa que les zones afectades es puguin eliminar en processos posteriors. D'aquesta manera les zones no cobertes del semiconductor podran ser dopades i canviar-ne la conductivitat en funció del voltatge aplicat. La figura següent mostra, d'una manera simplificada, la típica seqüència d'un procés litogràfic.

La principal limitació de la litografia òptica és la seva resolució: no pot generar patrons amb dimensions menors a les de la longitud d'ona de la llum utilitzada. Malgrat l'ús de raigs X o UV extrems, s'espera que aquesta tecnologia assoleixi els seus límits físics en una dècada. Amb aquest procés, molt difícilment es podrà arribar a resolucions per sota dels 25 nm a costos raonables, estant la contribució de la N&N limitada a la producció de màscares i els materials resistius.

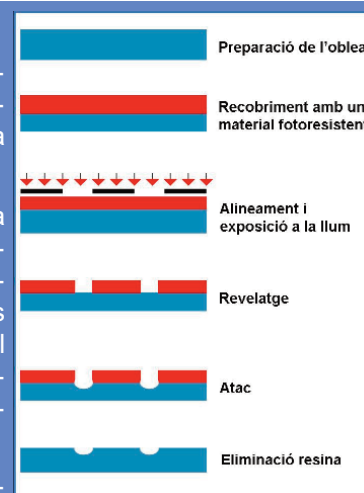


Impulsada per la necessitat d'arribar a majors resolucions, la nanotecnologia ofereix també camins alternatius per produir patrons amb major resolució. Entre ells destaquen dos processos alternatius que prescindeixen de l'ús de màscares.

El primer grup de processos consisteix a projectar electrons o ions directament en la superfície. L'avantatge principal de la projecció d'ions és que aquests poden reaccionar amb la superfície i donar lloc a noves estructures (en lloc de només destruir-les). Podent arribar a resolucions d'uns 10 nm, no poden crear tot el patró simultàniament, essent processos molt lents i costosos).

El segon grup de processos consisteix en mètodes com la litografia per nanoimpressió. Mitjançant aquest mètode, un cop preparat el substrat i la resistència, s'escalfa i s'hi aplica un motlle que conté el patró que s'ha de transferir. Un cop transferit el patró, es refreda el motlle i es retira. En lloc d'un patró en relleu, també es pot aplicar tinta en el motlle. La figura de dalt mostra un esquema simplificat del procés de litografia per impressió.

Així, la N&N està donant un darrer impuls a una tecnologia madura mentre contribueix a establir les bases de diver-



2.3. La revolució de la nanociència i la nanotecnologia (N&N)

Hi ha diverses raons per les quals la nanociència i la nanotecnologia estiguin rebent tanta atenció durant els darrers anys per part de la comunitat científica, industrial i financera, així com de governs del món sencer –amb inversions en R+D que, l'any 2006, van arribar als 12.400 milions de dòlars en tot el món⁴.

El potencial de la N&N

La raó principal és el potencial de la nanociència i la nanotecnologia de tenir un impacte en pràcticament qualsevol indústria. Aquest potencial enorme rau, bàsicament, en el fet que els materials, a escala nanomètrica, mostren propietats millorades o radicalment distintes a les que presenten en estat macroscòpic.

El fet de treballar amb la matèria a escala nanomètrica permet desenvolupar, per tant, materials i solucions amb propietats millorades, i fins i tot radicalment noves. Les propietats dels materials (color, conductivitat elèctrica, magnetisme, etc.) es modifiquen a escala nanomètrica. Com ja s'ha dit, el nombre d'àtoms en la superfície dels nanomaterials augmenta a causa d'una major àrea superficial específica. Això representa un avantatge clau per a una infinitat d'aplicacions industrials, com ara els processos catalítics, les aplicacions mèdiques, etc.



Figura 4. Partícules d'or de diferents grandàries, fet que altera el color de la dissolució.

D'altra banda, el control sobre l'estructura interna dels materials i les seves propietats a escala nanomètrica i la seva combinació amb altres (macro)materials ha permès el desenvolupament de noves i/o millors propietats. D'aquesta manera es poden produir materials amb nanoporus (p.e. membranes, elements aïllants o més lleugers), amb estructures amorfes, 'nano' o policristal·lines o capes nanomètriques (p.e. bloquejar la transmissió de llum, calor, etc.) o materials híbrids (p.e. matriu polimèrica amb nanopartícules ceràmiques) que conjuminen les virtuts d'ambdós materials i grandàries.

Els progressos de la N&N

Durant els darrers vint anys el progrés ha estat important i s'han superat fites clau que han permès que aquest potencial hagi començat a esdevenir una realitat. A l'Annex II s'hi pot trobar una representació dels principals progressos assolits en el camp de la N&N de mitjan segle XX⁵ ençà.

La disponibilitat de nous instruments com el *microscopi d'efecte túnel* (Scanning Probe Microscope, STM) o el *microscopi de força atòmica* (Atomic Force Microscope, AFM) va permetre visualitzar, caracteritzar i manipular la matèria a escala nanomètrica (al nivell de l'àtom).

L'aplicació de la N&N en productes concrets va confirmar el potencial de millorar les propietats (o reduir-ne el cost) de les solucions existents. La reducció de les emissions en un 5-10% mitjançant l'ús de nanopartícules d'òxid de ceri com a additiu en el gasoil per catalitzar les reaccions de combustió, és només un exemple del que la N&N està ja aconseguint.

Un cop els materials van ser dissenyats i produïts en el laboratori, el repte següent va ser el desenvolupament de processos de producció que permetessin la producció d'aquests materials en el volum requerit per a les seves possibles aplicacions. Dels anys 90 ençà, la major part dels esforços en N&N es van centrar en el disseny de nous materials i processos de producció relacionats. A mesura que es van anar reduint els costos de producció i els nanomaterials van trobar les primeres aplicacions, els esforços es van anar orientant cap a la industrialització dels seus processos de producció.

Les primeres aplicacions de la N&N van ser innovacions incrementals (p.e. l'ús de nanopartícules com a additius en polímers) i es van basar en processos de producció ben establerts en la indústria (p.e. CVD, *sol-gel*, litografia òptica, etc.). Tot i això, la comercialització d'aquestes aplicacions va representar una injecció de diners (públics i privats) que ha consolidat l'interès en la N&N i està permetent la inversió en tecnologies emergents (p.e. la nanolitografia o l'*autoa-coblament*).

Actualment hi ha una gran varietat de possibles aplicacions i tecnologies. Tot i que probablement la majoria mai no arribin a ser una realitat, el potencial d'aquestes aplicacions i la certesa que alguna d'elles sí que tindrà èxit, segueix atraient l'interès (i la inversió) necessària per al seu desenvolupament.

2.4. El mercat de les nanotecnologies

Hi ha un mercat nanotecnològic? La marea de xifres (moltes vegades repetides) sobre el volum del mercat del mercat de la nanotecnologia ha contribuït a la confusió sobre què és realment la nanotecnologia i quins beneficis econòmics se'n poden esperar. La realitat és que aquest mercat nanotecnològic no existeix. El que sí que existeix és una cadena de valor nanotecnològica, que possibilita l'aplicació de la nanotecnologia en productes concrets que es venen als mercats.

Ja el 2001, la National Science Foundation nord-americana va quantificar un mercat d'1 bilió de dòlars per al 2015. Les projeccions més recents situen el valor d'aquests mercats entre 1,5 i 5.5 bilions de dòlars per a aquesta data. Atès que les aplicacions més revolucionàries de la nanotecnologia no seran una realitat abans d'aquesta data, no estan considerades en aquestes projeccions de mercats. A escala mundial, el 2006, els mercats que es beneficiaven de l'aplicació de la N&N estaven valorats entre 50.000 i 150.000 milions de dòlars.

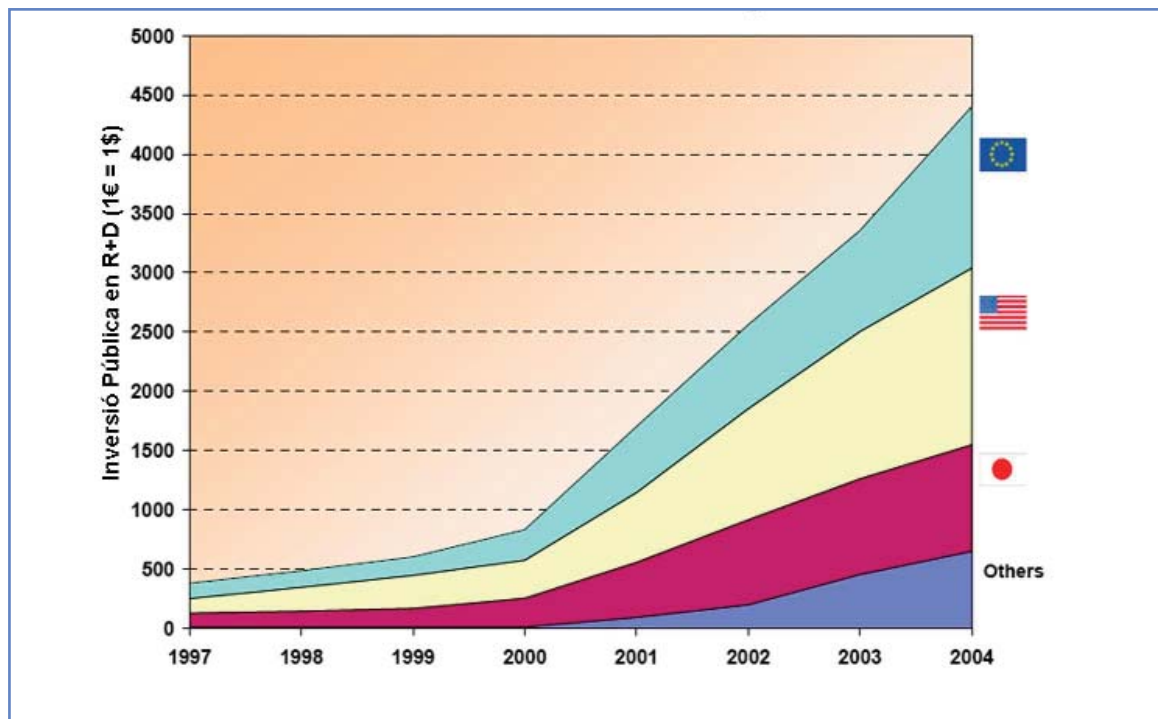


Figura 5. Estimació de la inversió pública mundial en N&N (milions d'euros).
Font: CE, 2005

Estimates of "the market for nanotechnology" lie all over the map

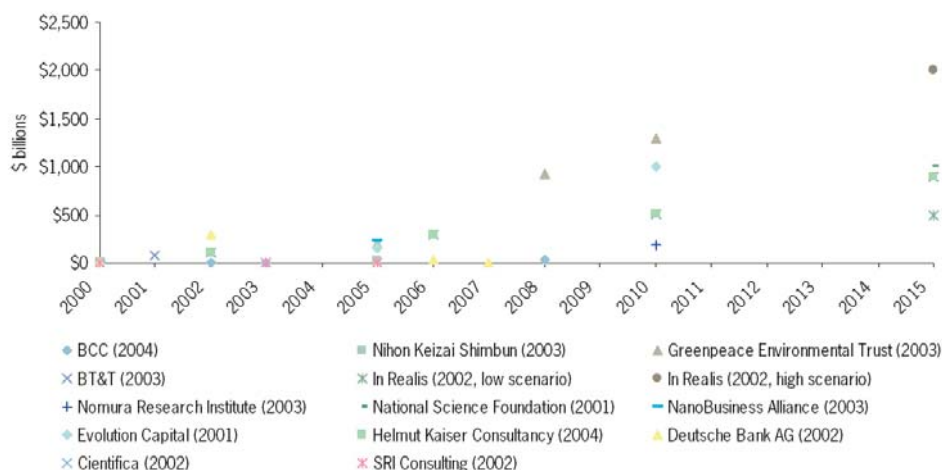


Figura 6. Creixement del mercat global de les nanotecnologies
Font: Lux research Inc., 2007

Tanmateix, tant aquesta situació com les anteriors es basen en el valor dels productes finals, fins i tot en el cas que només una mínima fracció del seu preu final estigui relacionada amb la nanotecnologia. Aquesta simplificació dóna lloc a estimacions que, sovint, tenen poc a veure amb la realitat.

Malgrat que encara ens trobem a les beceroles de la nanotecnologia, a finals de 2005 ja hi havia més de 700 'nanoproductes' al mercat (el 80% dels quals corresponien a nanomaterials) i entre 1.000 i 2.000 empreses de nova creació en tot el món⁶. Entre els principals sectors d'aplicació hi ha els processos químics, l'aeronàutica, les aplicacions mèdiques i farmacèutiques, l'energia, l'electrònica o l'alimentació.

El 2007, el sector químic (inclosos els nanomaterials) ha estat el principal mercat, seguit relativament de

prop pel mercat de semiconductors. Aquests dos mercats corresponen a sectors madurs amb grans indústries multinacionals.

El mercat de nanomaterials subministra matèria prima a la resta de mercats. Això explica que sigui el primer a créixer i que també sigui el primer a veure reduir els seus marges de benefici, limitant així el creixement del mercat. Després d'una fase inicial en què hi havia una gran diversitat de tecnologies i nombroses *start-ups*, en l'actualitat aquest és un mercat dominat per grans empreses multinacionals com ara Arkema, BASF, Dow o Evonik Industries, per posar-ne algunes a tall d'exemple. El gràfic següent reflecteix l'escàs pes econòmic del mercat dels nanomaterials amb relació a productes semiacabats o finals.

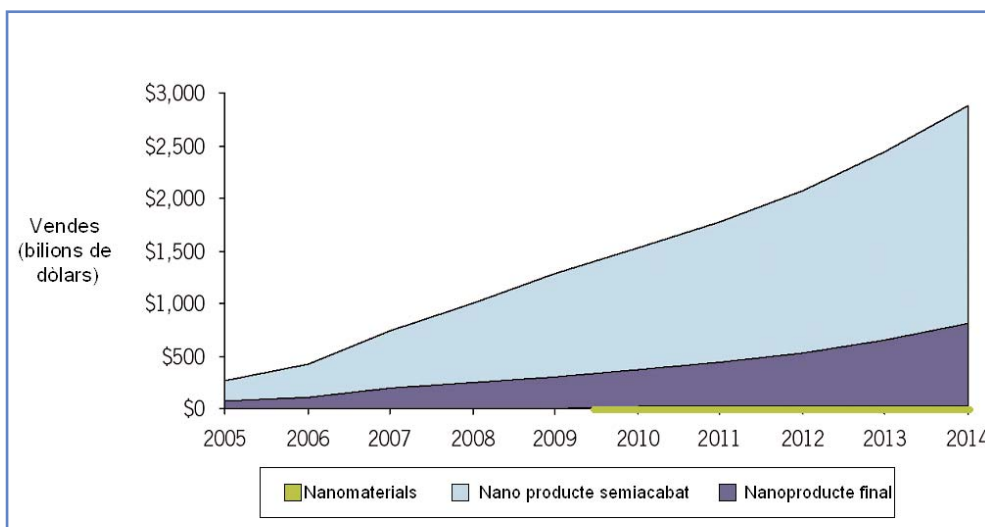


Figura 7. Vendes de productes que incorporen nanotecnologia, 2005-2014.

Font: Lux Research Inc., 2007

El pes del mercat dels semiconductors s'explica pel fet que ja es trobava molt a prop de la frontera nanomètrica (i es beneficiava de l'evolució de tecnologies existents) i per l'enorme mercat de dispositius electrònics que ha de satisfer.

En la resta de mercats s'està produint una incorporació més lenta de la nanotecnologia, per la qual cosa s'espera que fins a l'any 2010 el mercat de semiconductors sigui el mercat principal, seguit pel sector químic. El gràfic següent mostra, a títol indicatiu, els sectors en què se centren les empreses nanotecnològiques a Europa.

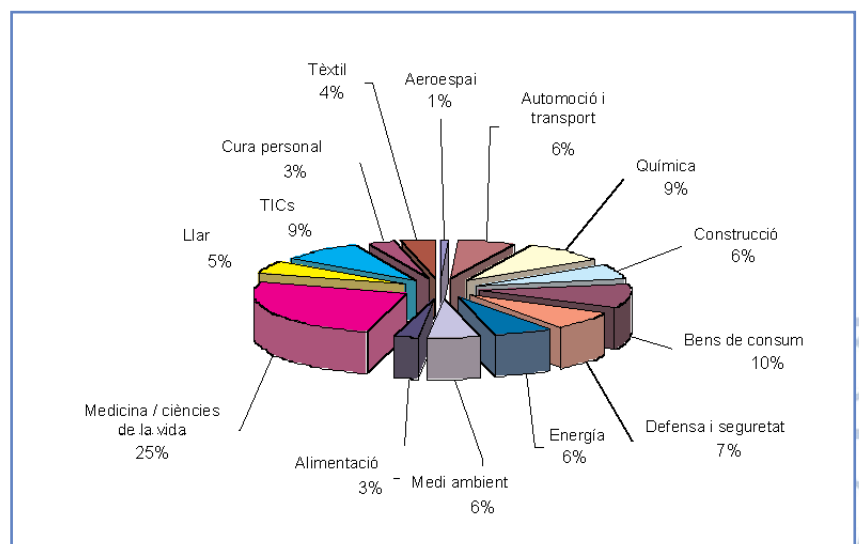


Figura 8. Mercats principals de les empreses nanotecnològiques a Europa el 2007.

Font: Noanopost⁷.com

A continuació s'inclou un exemple de com la nanotecnologia ha entrat en un producte de consum mas-

siu, com són les cremes de protecció solar.

La nanotecnologia en un producte de consum: cremes de protecció solar

L'ús de nanopartícules en cremes de protecció solar és, actualment, una de les aplicacions més comunes de la nanotecnologia en productes de consum. Hi ha més de 300 cremes de protecció solar al mercat que contenen nanopartícules d'òxid de zinc (ZnO) o diòxid de titani (TiO₂). Es tracta d'un exemple d'aprofitament dels avantatges d'un nanomaterial en una aplicació que abans utilitzava el mateix material a escala macro.

La protecció contra els raigs UVA que aporten les cremes de protecció solar es basa en les propietats òptiques del ZnO i el TiO₂ i altres (H₂, CO₂, etc.). Però la incorporació d'aquests materials en cremes solars tenia un inconvenient: la crema deixava una pel·lícula blanca sobre la pell. La utilització de nanopartícules del mateix material ha resolt el problema. I és que les nanopartícules són tan petites que proporcionen la transparència requerida, alhora que en conserven les propietats favorables. És més, les nanopartícules presenten propietats millorades respecte de les partícules del mateix material a escala macro. Per exemple, el TiO₂ presenta propietats òptiques inusuals quan la grandària de la partícula és menor de 100 nm, incloent un alt nivell de transparència a la llum visible i una major absorció de raigs UVA. Així, com que la petita dimensió de les nanopartícules resulta en una densitat superficial superior, es necessita menys material per obtenir la mateixa absorció de raigs UVA. Això compensa (parcialment) els costos addicionals que representa l'ús de nanopartícules en aquesta aplicació.

10

Aquest exemple és ja un producte de consum massiu, i la indústria de nanopartícules que hi ha al darrere està "madurant". Els fabricants de cremes solars adquireixen les nanopartícules com a productes químics fabricats amb processos industrials a gran escala. Els mètodes de fabricació inclouen processos químics que utilitzen com a base arenes d'òxids metàl·lics industrials o la polvorització del material a escala macro per reduir la dimensió de les partícules. També s'utilitzen processos de funcionalització per millorar les propietats químiques de les nanopartícules i la seva dispersió en les cremes. Les pólvores o les solucions de nanopartícules resultants es venen com a productes químics intermedis a la indústria farmacèutica.

Pel fet de tractar-se d'un producte que incorpora nanopartícules i que s'aplica directament sobre la pell humana, aquestes cremes solars no han escapat de la polèmica sobre la seguretat de la nanotecnologia (vegeu secció 4.1. per a més detall sobre les implicacions de les nanopartícules en la salut). De fet, el debat sobre si podrien afectar les cèl·lules humanes no s'ha tancat. No obstant això, les autoritats de la majoria de països admeten la comercialització d'aquest producte, perquè les proves dutes a terme fins ara indiquen que les nanopartícules utilitzades no representen un risc per a la salut de les persones.

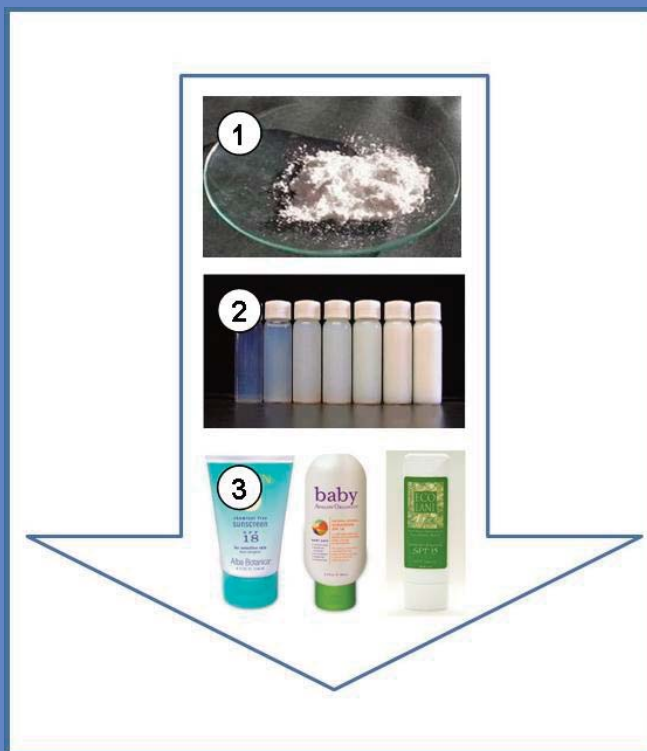


Figura 9: Incorporació de nanopartícules de TiO₂ en cremes de protecció solar: 1) nanopartícules de TiO₂; 2) solució de nanopartícules de TiO₂; 3) producte final

En la propera secció revisarem alguns dels sectors d'aplicació més rellevants per a Catalunya, així com també exemples concrets d'aplicacions i industrials.

Nota: La identificació de casos pràctics s'ha limitat a Catalunya. Malgrat que no tots estan dins de l'escala

purament considerada com a nanomètrica (< 100 nm), els casos que s'hi reflecteixen proporcionen exemples reals de com la disminució a escala nano/micro proporciona materials o processos amb propietats millorades o radicalment noves.

3. Exemples d'aplicacions industrials

3.1.1. Medicina / biologia

La nanomedicina es defineix com l'aplicació de la nanociència i la nanotecnologia al camp de la salut humana. La clau per entendre la gran promesa de la nanomedicina és que la nanotecnologia treballa en la mateixa escala que la biologia (vegeu figura 1). Una molècula d'ADN, per exemple, té una grandària de 2,5 nm d'ample, mentre que les cèl·lules humanes mesuren diversos milers de nanòmetres. Això permet que materials i dispositius a escala 'nano' creats o manipulats per l'home puguin interactuar amb el cos humà d'una manera més precisa i eficient que no pas amb les tecnologies convencionals. La nanomedicina proporciona beneficis potencials i noves solucions en tots els àmbits de la cura de la salut, i en destaquen el diagnòstic, l'alliberament de fàrmacs i la medicina regenerativa.

Les implicacions econòmiques de la nanomedicina prometen ser veritablement importants. Segons les estimacions de la Plataforma Tecnològica Europea de Nanomedicina⁸, el mercat del nanodiagnòstic experimentarà un creixement espectacular. Només en el camp de la imatge molecular, s'estima un mercat mundial de 22.000 milions d'euros per a l'any 2015.

Exemples d'aplicació en l'àmbit de la nanomedicina:

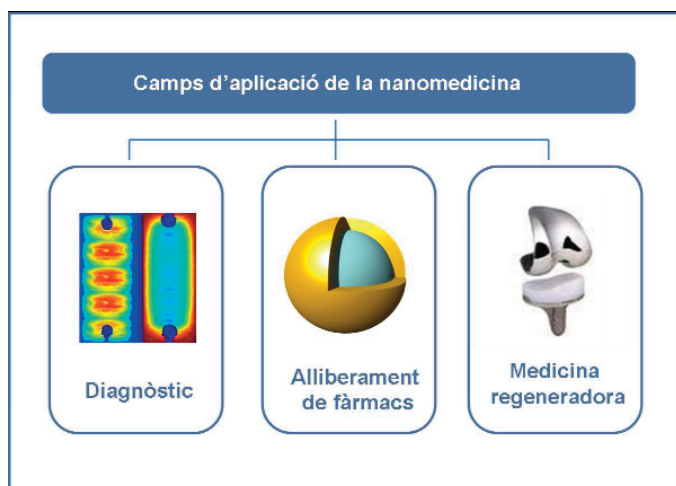


Figura 10. Aplicacions de la nanomedicina

Aportacions de la nanotecnologia en el camp del diagnòstic:

En aquest àmbit, destaquen tres àrees d'aplicació: diagnòstic in-vitro, diagnòstic in-vivo i dispositius mèdics. En el camp del diagnòstic in-vitro, les aportacions de la nanotecnologia a la indústria electrònica permeten la progressiva miniaturització, paral·lelitzant

ció i integració de diferents funcions en un únic dispositiu. Aquests avenços, junt amb la recerca en el camp de la micro i nanoflúidica estan donant lloc a una nova generació de dispositius cada cop més petits, ràpids i barats, que reben el nom de *lab-on-a-chip*. En general, requereixen mostres molt petites, per la qual cosa sovint és possible realitzar una extracció menys invasiva. Aquests dispositius augmenten així l'eficiència, la rapidesa i la precisió del diagnòstic, alhora que proporcionen una major comoditat al pacient.

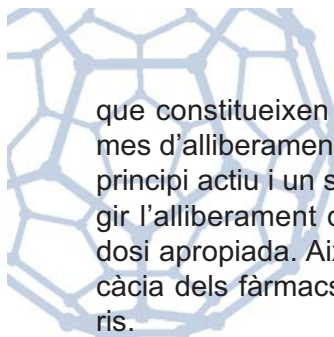


Figura 11. Dispositiu de diagnòstic lab-on-a-chip de Agilent Technologies © 2007. Reproduït amb permís.

Les tècniques d'imatge molecular i la teràpia guiada per imatge són, en l'actualitat, eines bàsiques per realitzar el seguiment de malalties i en el desenvolupament de la majoria d'aplicacions de la nanomedicina in-vivo. El principal avantatge de les tècniques d'imatge molecular rau en la rapidesa de detecció de malalties i el seu seguiment, per exemple en el cas de metàstasi del càncer. Moltes de les actuals tècniques de diagnòstic per imatge es basen en agents de detecció o agents de contrast introduïts en el cos per indicar el lloc exacte de la malaltia. La utilització de nous agents de diagnòstic per imatge promet molta més sensibilitat que no pas els mètodes actuals, tot fent possible una detecció més precoç del càncer. Per exemple, certs tipus de nanopartícules fluorescents poden modificar-se, canviant-ne el recobriment i les propietats físiques / químiques, per identificar una cèl·lula o teixit específic. La seva fluorescència pot també modificar-se, i oferir una emissió de llum més intensa, períodes de fluorescència superiors i un ampli espectre de colors.

La nanotecnologia contribuirà a crear fàrmacs més eficients

Els sistemes d'alliberament controlat de fàrmacs surten com a conseqüència de la dificultat de traslladar de manera directa a l'organisme els principis actius



que constitueixen els medicaments. Els nanosistemes d'alliberament de fàrmacs estan formats per un principi actiu i un sistema transportador que pot dirigir l'alliberament del fàrmac al lloc adequat i en la dosi apropiada. Així, s'aconsegueix augmentar l'eficàcia dels fàrmacs i reduir-ne els efectes secundaris.

Per tant, un dels principals avantatges que aporta la nanotecnologia a l'alliberament de fàrmacs és incrementar l'efectivitat del medicament mitjançant el control precís de la dosi requerida i de la grandària, la morfologia i les propietats superficials del compost. Els fàrmacs, pel fet d'actuar només en els òrgans, els teixits o les cèl·lules danyades, disminueixen la seva toxicitat. La nanomedicina pot ajudar a resoldre altres problemes que presenten els medicaments tradicionals. Per exemple, contribuint a millorar la solubilitat dels fàrmacs (vegeu cas pràctic al final d'aquesta secció), o a protegir-los enfront de la degradació prematura o la pèrdua de funció.

Contribucions de la nanotecnologia a la medicina regenerativa.

12

Els avenços recents de la nanotecnologia i els nanomaterials també representen un impuls per a l'enginyeria de teixits, ja que permeten una integració dels teixits més eficient, per la possibilitat de generar microambients que afavoreixin la regeneració dels teixits. Així, la medicina regenerativa necessita nous nanomaterials que serveixin de suport a les cèl·lules i els teixits en creixement.

L'enginyeria de teixits passa per colonitzar una matriu composta d'un material porós i biodegradable amb cèl·lules donades, per tal que proliferin i simulin el que s'esdevé en els teixits d'una manera natural. Aquestes matrius colonitzades s'implanten en el pacient i, amb el temps, són reemplaçades per teixit normal, amb vasos i nervis. Una de les majors contribucions de la nanotecnologia serà el desenvolupament d'aquests materials porosos que permetin la difusió de líquids i facilitin la *vascularització* ràpida del nou teixit implantat. Aquest enfocament s'utilitza actualment en la regeneració de l'os i de teixits com ara pell i cartílag.

No obstant això, l'objectiu a llarg termini és l'enginyeria de teixits in situ. Aquest enfocament consisteix a implantar material que incorpori els elements de senyalització biològica naturals que indueixen el teixit a regenerar-se. Aquests materials bioactius alliberen compostos com per exemple factors de creixement o d'altres molècules actives que estimulen la reparació local del teixit. Com que la formació d'un teixit requereix un procés ordenat i seqüencial, el desenvolupament de tecnologies que permetin l'a-

lliberament progressiu d'aquestes molècules de senyalització constituirà un factor clau. I és aquí on la nanotecnologia juga un paper important, mitjançant el disseny de biomaterials intel·ligents que incorporin molècules de senyalització que, un cop inserides en el pacient, siguin alliberades d'una manera gradual i activin la regeneració tissular in-vivo.

Consideracions addicionals

La nanotecnologia té un potencial enorme en el camp de la salut humana, i permet diagnòstics més precoços i precisos, teràpies més eficients i grans avenços en el camp de la medicina regenerativa. Tanmateix, l'estat de desenvolupament no és pas igual per a totes les aplicacions, essent el diagnòstic i l'alliberament de fàrmacs les àrees de la nanomedicina més avançades.

Es pot dir que, en el camp de la nanomedicina, les barreres econòmiques no es consideren tan crítiques com en la resta d'àmbits d'aplicació (energia, automoció, etc.). I és que, a l'hora d'investigar en determinades aplicacions, els beneficis potencials que ofereix la nanomedicina per a la salut humana permet deixar aquest factor en un segon plànol.

D'altra banda, sí que hi ha una barrera que podria suposar un fre a la incorporació de la nanotecnologia en el camp de la medicina. Es tracta de les implicacions que puguin tenir cert tipus de nanomaterials, com les nanopartícules per a la salut humana. Serà necessària una anàlisi exhaustiva de com les nanopartícules poden accedir a regions cel·lulars on no arriben les partícules macroscòpiques i com poden ser eliminades del cos humà, per poder comercialitzar de manera segura aplicacions que les continguin. El cas dels sistemes per a l'alliberament de fàrmacs basats en la nanotecnologia és peculiar. Malgrat que, en general, redueixen la toxicitat dels medicaments, cal que siguin sotmesos a rigoroses proves toxicològiques abans no s'introdueixin en la clínica.

Com que els nous medicaments basats en la nanotecnologia hauran de passar el procés propi d'assaig i validació de fàrmacs, el seu veritable impacte no es veurà a tan curt termini com en d'altres àmbits. Es calcula que les principals aplicacions de la nanomedicina començaran a tenir resultats en els propers deu o quinze anys, atès que es necessiten uns protocols d'assaigs més llargs, segons les exigències dels organismes sanitaris reguladors.

A l'Estat espanyol i a Catalunya hi ha una intensa activitat científica en nanomedicina, mentre que l'entorn empresarial està representat, fonamentalment, per la indústria farmacèutica i biotecnològica. L'àmbit de l'alliberament de fàrmacs és un sector emergent però

poc desenvolupat fins ara i és, per tant, una àrea amb clar potencial de desenvolupament. NanoMed Spain⁹ ha elaborat una llista d'accions necessàries per millorar la situació de la nanomedicina a escala estatal. Per exemple, fer una divulgació més activa

dels grups acadèmics i industrials que treballen en aquest àmbit per fomentar la col.laboració, o bé fomentar la recerca multidisciplinar per tal d'assegurar-ne millors resultats.

Cas pràctic d'aplicació: Activery Biotech SL

Responsable: Carles Ventosa, soci fundador i director general.

Descripció de l'empresa

Activery (www.activery.com) és una empresa de nova creació (2003) que utilitza la nanotecnologia en *fluids supercrítics* per produir modificacions en els principis actius o bé en la seva formulació. Les seves activitats se centren en l'R+D, la producció i la comercialització de productes basats en principis actius ja existents per crear noves vies d'administració, facilitar-ne la dosificació, o possibilitar l'acció del fàrmac. Activery disposa ja de diverses patents internacionals en aquest camp.

Producte / tecnologia 'nano'

Activery ha desenvolupat un mètode basat en l'ús de CO₂ supercrític que permet obtenir nanopartícules de compostos orgànics o inorgànics d'una manera senzilla i econòmica. Aquest mètode de producció permet un control precís de la forma i grandària de les partícules obtingudes, així com també com de la seva estructura cristal·lina. Els processos en fluids supercrítics permeten el control de la cristallització o no-estructuració dels principis actius per obtenir productes amorfs amb unes característiques diferenciades del producte de partida. El procés es pot utilitzar per obtenir nanopartícules de fàrmacs, tot i que també d'altres compostos com ara pigments, colorants o cosmètics.

Procés de desenvolupament del producte / tecnologia

Els fàrmacs utilitzats per al tractament contra el càncer presenten, normalment, una baixa permeabilitat i una solubilitat aquosa, fet que obliga a l'administració de grans dosis per tal d'obtenir l'efecte desitjat. Això implica, sovint, l'aparició d'efectes secundaris i una major toxicitat.

Per tant, es fa necessària la utilització de vehicles d'alliberament de fàrmacs millorats. La tecnologia d'Activery pot millorar la solubilitat dels fàrmacs emprats en el tractament contra el càncer, utilitzant la tecnologia de fluids supercrítics per a la reducció de la grandària de les partícules o l'alteració de l'estat sòlid. Ambdós passos són possibles gràcies a la seva tecnologia. Les nanopartícules de fàrmacs o les coformulacions fàrmac / excipient produïdes amb fluids supercrítics són químicament i físicament estables i l'estat amorf els confereix la màxima solubilitat possible. L'increment de la solubilitat i/o la permeabilitat dels fàrmacs millora, així, la baixa *biodisponibilitat* dels fàrmacs utilitzats en el tractament contra el càncer.

Avantatges del producte/tecnologia

La utilització d'aquesta tecnologia facilitarà la creació de fàrmacs contra el càncer amb major solubilitat i permeabilitat. Això suposaria la creació de medicaments que requeririen dosis més baixes i amb efectes secundaris mínims.

Mercat

Els clients d'aquesta tecnologia inclouen empreses farmacèutiques que volen millorar el desenvolupament de medicaments contra el càncer. S'estima que les vendes de fàrmacs amb baixa solubilitat i *disponibilitat* van assolir els 57.000 milions de dòlars l'any 2000, tot oferint una gran oportunitat per a la utilització de fàrmacs nanoestructurats. A més, un 40% dels nous fàrmacs en desenvolupament es basen en principis actius poc solubles en aigua. Per tant, la millora de la biodisponibilitat mitjançant l'increment de la solubilitat i/o la permeabilitat dels fàrmacs és un repte permanent per a les empreses farmacèutiques, i una oportunitat de negoci excel·lent per a empreses com Activery.

3.1.2. Automoció

La demanda creixent d'altres prestacions i major comoditat, en combinació amb una legislació cada cop més estricta (especialment en temes de medi ambient i seguretat) resultarà en múltiples oportunitats d'aplicació de les nanotecnologies en el sector automoció. La recerca de solucions efectives que donin resposta a aquesta demanda ja està propiciant la incorporació de certes tecnologies en el mercat global d'automoció. Les principals tendències per innovar en el sector passen per la reducció del pes i les emissions dels vehicles, l'augment de la reciclabilitat i la seguretat, l'estalvi de combustible, la millora estètica d'interiors i exteriors i, per descomptat, la reducció de costos.

Exemples d'incorporació de nanotecnologies

Pràcticament tots els components d'un automòbil estan sent millorats contínuament per complir amb els requisits cada cop més exigents del sector; en alguns casos, mitjançant l'aplicació de la nanotecnologia. La figura següent mostra alguns exemples d'aplicacions actuals i futures de la nanotecnologia:

14

El 2014 més del 20% dels automòbils incorporarà innovacions basades en les nanotecnologies.

Amb aquesta gran varietat d'aplicacions, s'espera que la nanotecnologia tingui un impacte significatiu en el sector a mig termini. Un estudi de Lux Research estima que, per a l'any 2014, el 21% dels automòbils venuts al món incorporarà alguna millora tecnològica basada en la nanotecnologia.

En l'actualitat ja es comercialitzen vehicles que incorporen desenvolupaments basats en les nanotecnologies.

I és que l'aplicació de la nanotecnologia no és només una esperança de futur. Diverses aplicacions ja han estat incorporades en automòbils avui dia. Alguns exemples inclouen millores a les llunes, els para-xocs, diverses peces de l'interior i l'exterior de l'automòbil, recobriments, etc. En aquest moment ja s'utilitzen 1,5 milions de tones de *negre de carbó* a l'any, principalment com a pigment i reforç de pneumàtics, essent un dels nanomaterials més antics i utilitzats. Ja el 1992, General Motors va incorporar un nanomaterial com a additiu en un plàstic, emprat en un graó d'accés a les seves furgonetes GMC Astro i Safari. Cada cop hi ha més cotxes que tenen i tindran peces fabricades a partir de compostos polimètrics amb nanopartícules o amb superfícies millorades gràcies a la inclusió de nanopartícules en la seva superfície.

Però, quins són els avantatges d'incorporar la nanotecnologia en el sector de l'automòbil?

En molts casos, la nanotecnologia pot millorar les característiques de materials ja utilitzats en els cotxes, incloent-hi rigidesa, resistència, conductivitat tèrmica i elèctrica, efectes òptics, augment de la resistència al foc, reducció de la fricció, etc. Tot i que no modifiquen radicalment les característiques del mateix cotxe, els canvis pel que fa a (sub)component sí que són significatius. Per exemple, les propietats de resistència al foc mostrades per compostos de polímers amb nanoargiles permeten crear una nova classe de materials per a l'ús en interiors.

I és que una de les estratègies més utilitzades és la incorporació de nanopartícules com a additius en polímers. L'avantatge clau és que només es necessita una petita fracció d'additiu 'nano' per obtenir les mateixes propietats que amb un additiu tradicional. Això serveix no només per mitigar els possibles efectes

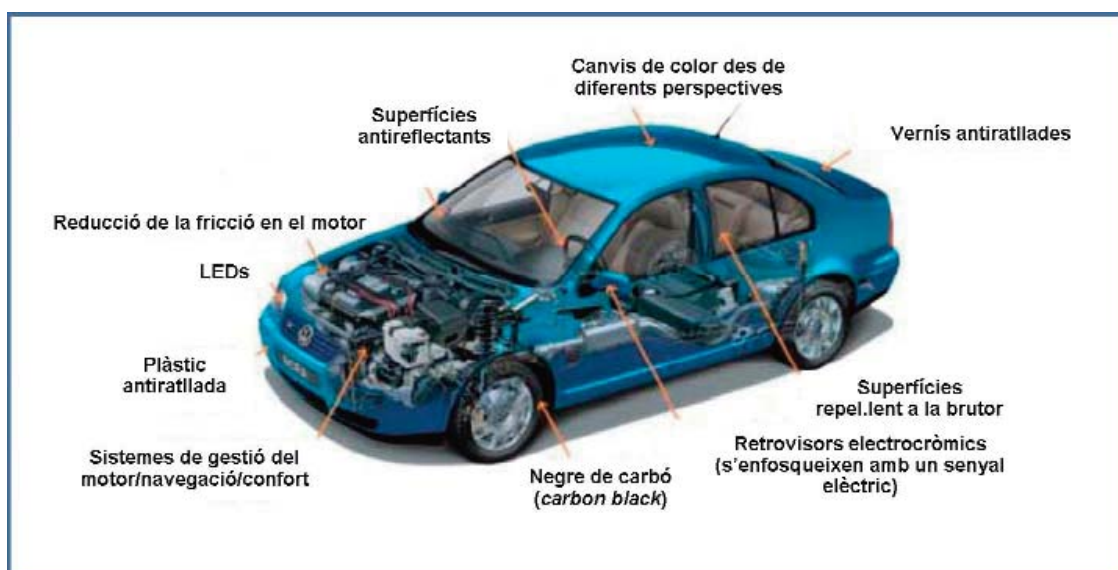


Figura 12. Exemples d'aplicacions de nanotecnologia en un automòbil. Font: nano Truck www.nanotruck.net - iniciativa del German Federal Ministry of Education and Research, BMBF. Imatge cedida per Volkswagen AG, modificada per Flad&Flad Group (Alemanya)

adversos de l'additiu (p.e., la transparència o la permeabilitat), sinó que, a més, contribueix a la reducció del pes si ho comparem amb materials tradicionals; de vegades, fins a un 20%.

Exemples d'aplicacions de nanotecnologia en automoció:

- Mercedes-Benz, Ford, Nissan i altres fabricants d'automòbils ja utilitzen pintura resistent a les ratllades, gràcies a la contribució de la nanotecnologia.
- Diversos cotxes incorporen ja alguna peça fabricada amb un nanocompost més lleuger, rígid i/o amb millor aspecte que una peça similar d'un material compost convencional.
- Bateries híbrides de níquel-metall amb major densitat d'energia i eficiència seran possibles gràcies a la manipulació a escala nanomètrica dels materials dels elèctrodes.
- Ja hi ha llunes hidrofòbiques que faciliten l'evacuació de gotes i repel·leixen el fang o els insectes.
- Materials híbrids per a emmagatzemar hidrogen de manera segura i barata per al seu ús en piles de combustible.
- Millores en les propietats de materials convencionals com l'alumini per obtenir components del sistema de transmissió i xassís més lleugers i rígids.

Font: elaboració pròpia, a partir de Ward's AutoWorld.

De cara al futur també es preveu la utilització de la nanoestructuració com a enfocament per millorar les propietats dels metalls que s'empren en l'estructura d'un automòbil.

El cost és una barrera clau, però no pas insuperable.

Els nanomaterials i la seva aplicació poden ser costosos, fet que frena, sovint, la ràpida introducció de les nanotecnologies. Això redueix el nombre d'aplicacions a aquelles en les quals la nanotecnologia aporta un gran valor afegit en comparació amb materials tradicionals. Tanmateix, els *nanotubs de carboni*, un dels nanomaterials més costosos en l'actualitat, ja s'utilitzen en plàstics conductius per a tubs de distribució de combustible. Els nanotubs aporten propietats antiestàtiques, que contribueixen a reduir el perill de generació de guspires. La nanotecnologia permetrà, en alguns casos, fins i tot la reducció directa de costos. Per exemple, substituint materials escassos i molt costosos, com ara el platí,

en els convertidors catalítics i les piles de combustible.

D'aquí a poc temps veurem molts exemples de recobriments i capes fines per a la protecció de superfícies contra les ratllades o la brutor, per esmentar-ne un parell. En aquest cas, és la superfície de la peça la que li conferirà aquestes característiques, sense que calgui incorporar nanomaterials costosos en tot el substrat de la peça, amb l'estalvi de costos consegüent.

La nanotecnologia tindrà cada cop més impacte en les innovacions del sector

Les propietats dels nanomaterials no només permeten millores en les prestacions dels materials existents, sinó també aplicacions novedoses, per exemple, basades en nanopartícules magnètiques.

En el camp dels adhesius, l'empresa alemanya Evonik Industries ha desenvolupat un nou adhesiu amb nanopartícules magnètiques que permet l'ús de camps magnètics intermitents per escalfar ràpidament l'adhesiu i així controlar amb més precisió el procés d'adhesió. El nou Audi Le Mans Quattro, un cotxe esportiu de gamma alta, utilitza amortidors amb nanopartícules magnètiques suspeses en un fluid. La regulació de la viscositat del fluid magnètic permet variar el comportament en la suspensió del cotxe.

D'aquesta manera, el conductor pot escollir entre una conducció esportiva o una de més confortable, segons sigui la viscositat del fluid.

A més llarg termini, la nanotecnologia facilitarà canvis encara més revolucionaris en els cotxes, i facilitarà avenços en l'eficiència i la capacitat d'emmagatzemament de bateries i *supercondensadors* d'entre deu i cent vegades. En el futur, l'ús d'«ultracondensadors» basats en *nanotubs* podria permetre propulsar cotxes elèctrics-híbrids, i descartar completament l'ús de bateries.

Mentrestant, la nanotecnologia ja té un impacte en la reducció d'emissions. A Anglaterra ja s'utilitzen nanopartícules d'òxid de ceri com a additiu en el gasoil per catalitzar les reaccions de combustió del gasoil amb l'aire, obtenint com a resultat una combustió més eficient. La reducció de les emissions és del 5-10%.

Consideracions addicionals

En general, el sector de l'automoció incorpora una gran varietat de tecnologies relacionades amb els materials com ara plàstics, metalls i tèxtils avançats, l'electrònica o la il·luminació. Com a conseqüència, hi ha una gran varietat de possibles aplicacions de la

nanotecnologia. No obstant això, cal tenir en compte que la indústria de l'automoció és molt conservadora i orientada a costos, i per tant la introducció de nous desenvolupaments basats en la nanotecnologia requerirà el seu temps. Un nou desenvolupament en aquesta indústria té poques possibilitats d'èxit si no suposa un estalvi de costos o un valor afegit clar per a l'usuari final.



Figura 13. Recobriment de nanopartícules de Mercedes-Benz per augmentar la resistència a ratllades i la lluentor (Font: DaimlerChrysler).

D'altra banda, cal tenir en compte que com que les aplicacions de la nanotecnologia s'apliquen més a peces del cotxe que no pas en l'acoblament final, en molts casos els desenvolupaments de la nanotecnologia seran implementats pels proveïdors de (sub)components i no pas pels mateixos fabricants de vehicles.

Un altre aspecte a considerar és que gran part de les aplicacions actuals i futures de la nanotecnologia en el sector de l'automoció són fruit de desenvolupaments aliens al món de l'automoció. Per exemple, avenços en la química i el desenvolupament de nous materials, o millores en el camp de l'electrònica, que es desenvolupen primer a una escala més genèrica i després s'apliquen al sector de l'automoció.

Tot i que l'ús de la nanotecnologia en el sector de l'automoció es troba encara en els inicis, hem vist que ja hi ha aplicacions que poden servir com a exemple i inspiració per a possibles desenvolupaments futurs en el sector.

Cas pràctic d'aplicació: Rovalma, SA

Responsable: Isaac Valls, director d'R+D

Descripció de l'empresa

Rovalma, SA es dedica al desenvolupament i comercialització d'acers i aliatges especials per a eines i altres aplicacions industrials. Importador i comercialitzador d'acers de l'any 1977 ençà, en els darrers deu anys l'empresa dedica gran part de la seva activitat empresarial a la recerca, el desenvolupament i la comercialització dels seus propis acers i aliatges metàl·lics, amb una forta aposta en activitats d'R+D com a base de la seva competitivitat i creixement. Actualment, 15 dels seus pràcticament 50 empleats participen en activitats d'R+D.

Producte i aportació de la nanotecnologia

En gran part, l'èxit de Rovalma en el desenvolupament de nous acers i aliatges especials per a eines es deu a l'optimització dels materials sobre la base de l'anàlisi de les relacions existents entre els paràmetres microestructurals i les propietats macroscòpiques finals. La utilització de nanotecnologies ha permès el disseny de nous acers d'eines amb propietats optimitzades per a diverses aplicacions. En col·laboració amb el Centre Tecnològic de Manresa (CTM), s'han emprat tècniques de caracterització avançades com ara microscòpia electrònica i tècniques de micro i nanoindentació, que permeten avaluar partícules de grandària micromètrica.

El primer acer desenvolupat per l'empresa sobre la base d'aquests estudis és l'HWS. L'objectiu que es perseguia amb el desenvolupament de l'HWS era produir un acer amb majors nivells de tenacitat sense que se'n deteriorés el comportament enfront del desgast. En termes generals, els acers de màxima resistència al desgast abrasiu i duresa, manquen de tenacitat. Amb l'HWS, gràcies a l'optimització dels diferents components microestructurals presents sobre la base dels estudis de nanotecnologia, s'ha obtingut un acer que combina simultàniament les tres propietats a molts alts nivells i amb costos similars a altres materials emprats per a aquestes mateixes aplicacions.

Mercat

L'acer HWS es va començar a introduir en els mercats espanyol i alemany a partir de 2002. L'excel·lent combinació de propietats n'ha permès la utilització en moltes més aplicacions que no pas les inicialment previstes i el producte ha estat acollit amb entusiasme per diversos clients finals, inclosos fabricants de cotxes com Volkswagen. En aquest moment s'exporta dins de la UE, als EUA i a Àsia i està facilitant un fort creixement de l'empresa. A més, els seus clients reconeixen el lideratge de Rovalma en el perfeccionament de les propietats dels acers i col·laboren per tal de ser els primers a utilitzar en les seves línies de producció els nous productes i tecnologies que surten del departament d'R+D de Rovalma.

La visió de l'empresa

Segons Isaac Valls, la nanotecnologia ha demostrat ser una eina molt útil en la recerca de l'estructura òptima per aconseguir les propietats desitjades d'un nou acer, tot i que, òbviament, aquestes propietats no sempre s'aconsegueixen a l'escala més petita. El domini d'aquest coneixement i tecnologia ha resultat clau per donar un pas més enllà per satisfer les necessitats dels clients. L'ampli coneixement científic i tecnològic de l'empresa en aquest camp es veu ampliat per l'estreta col·laboració en activitats d'R+D amb universitats i centres tecnològics dintre i fora de l'Estat espanyol.

3.1.3. Energia

La creixent demanda global d'energia, la lluita contra el canvi climàtic i els aspectes geopolítics relacionats amb el petroli estan estimulant el desenvolupament d'alternatives als sistemes energètics actuals a la recerca de sistemes més nets i eficients. Ja sigui amb panells solars més eficients o bé amb nous sistemes de propulsió, la nanotecnologia està contribuint a canviar la manera d'obtenir i usar l'energia.

Podrem recarregar el nostre automòbil amb energies netes? Sense riscos? A un preu raonable? En el garatge de casa? Aquestes són algunes de les preguntes a les quals la nanotecnologia està contribuint a donar una resposta. Catalitzadors i membranes més eficients i barates o materials amb propietats aïllants són només alguns exemples de l'impacte de la nanotecnologia tant en conceptes ja establerts

(motor de combustió o energia solar fotovoltaica), com nous (piles de combustible) o abans limitats a aplicacions molt específiques (termoelectricitat).

No obstant això, la nanotecnologia té aplicacions en tots els segments del sector energètic i especialment en la generació, l'emmagatzemament, l'ús i l'estalvi d'energia. L'esquema següent visualitza alguns exemples en aquests camps d'aplicació.

Òbviament, no totes les aplicacions es troben en el mateix nivell de desenvolupament. Actualment, l'estalvi d'energia (62%) i l'emmagatzemament d'energia (34%) són els principals mercats d'aplicació de la nanotecnologia, tot i que, a causa del desenvolupament de les piles de combustible, s'espera que per al 2014 el mercat de generació d'energia assoleixi el 15% del total, i superi així el mercat d'emmagatzemament d'energia¹⁰.

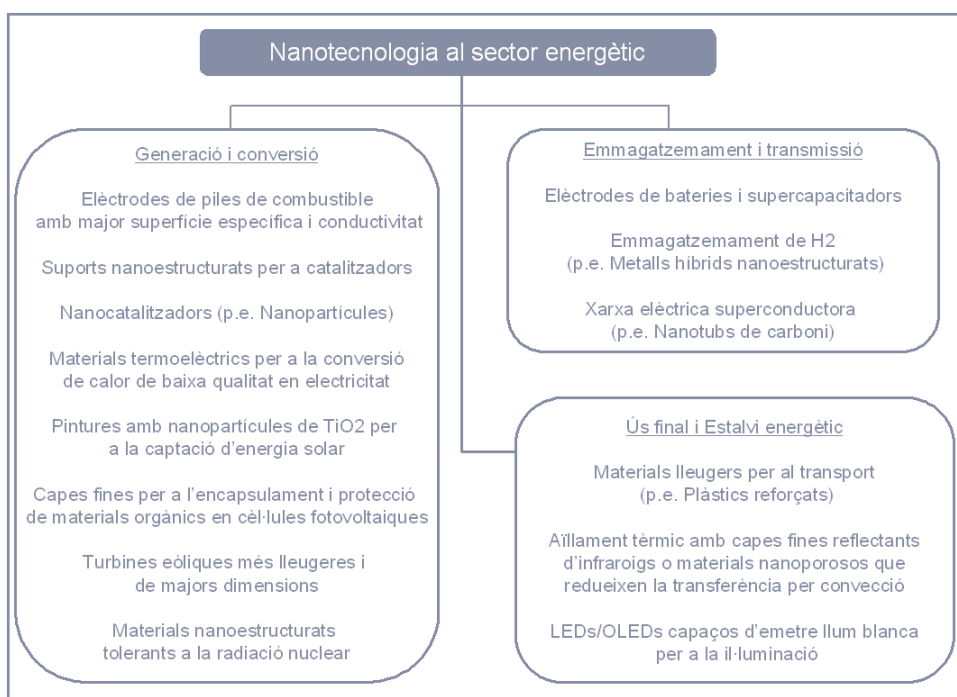


Figura 14: Exemples d'aplicacions de la nanotecnologia en el sector energètic.

Què pot aportar la nanotecnologia a la generació d'energia? Per exemple, l'energia solar fotovoltaica, promoguda com a font inesgotable d'energia, està rebent un nou impuls gràcies a les millores en pres-tacions i la reducció de costos que està possibilitat la nanotecnologia.

El control precís dels materials en l'àmbit atòmic i molecular està contribuint a la reducció de costos de producció mitjançant l'ús de capes fines de silici. De la mateixa manera, permet augmentar significativament la quantitat de llum convertida en energia utilitzant nanopartícules o elèctrodes nanoporosos per augmentar la ràtio superfície / volum. És més, la possibilitat d'utilitzar un espectre més ampli de la llum solar com a font d'energia augmentaria notablement l'eficiència dels panells solars. Per exemple, mitjançant la deposició d'una capa fina nanoestructurada, es podrien redirigir els fotons perduts i augmentar-ne així l'eficiència.

Per a aplicacions menys desenvolupades com les piles de combustible (p.e. *fuel cells*), i tot i que el mercat actual és encara reduït, ja s'havien invertit entre 6 i 8 mil milions de dòlars en el seu desenvolupament fins l'any 2004¹¹. Amb possibilitats d'arribar a eficiències properes al 90%, es preveu que reemplacin progressivament els actuals sistemes de combustió, ja que, a més, són menys contaminants (només produeixen aigua com a residu) i menys sorolloses (no hi ha combustió).

Què hi aporta aquí la nanotecnologia? Per exemple, la reducció del cost dels catalitzadors i l'augment de la seva eficiència es poden aconseguir augmentant la superfície de contacte a través de materials nanoporosos, capes fines i l'ús de nanopartícules de catalitzadors. Entre els principals beneficis d'una major eficiència ens trobem amb una major autonomia i un menor temps de càrrega.

Emmagatzemant i estalviant energia

La nanotecnologia ens ofereix l'oportunitat de millorar l'aïllament tèrmic, reduir els costos d'il·luminació o disposar de dispositius d'emmagatzemament amb major densitat d'energia i/o potència. A continuació, alguns exemples pràctics del que la nanotecnologia està permetent o podria arribar a permetre¹².

Els materials aïllants s'utilitzen per evitar pèrdues de calor (o de fred) en un espai tancat. Per aconseguir-ho, cal reduir el flux de calor per conducció, convecció i/o radiació. Una forma d'aïllament és emplenar els buits (porus) dels materials amb aire o altres gasos, per tal de reduir la transferència per convecció. Un exemple d'aquest tipus de materials són els aerogels, formats per una estructura amb porus prou petits com

per evitar la transferència de calor tant a través dels porus com de la part sòlida. En l'actualitat són cars a causa de l'energia i el temps necessaris per produir-los, fet que en limita l'ús a aplicacions especialitzades.

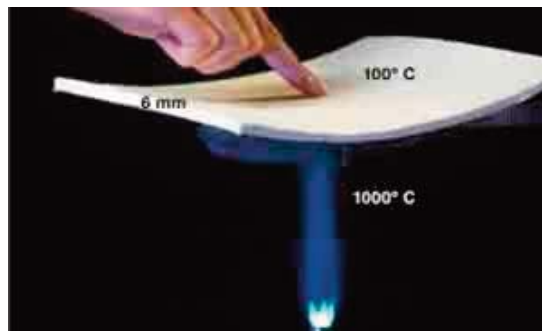


Figura 15. Aerogel per a aïllament tèrmic. Font: Aspen Aerogels Inc.

Una altra forma d'aïllament és l'aplicació de recobriments reflectants. Aquests materials aïllants poden ser transparents a la llum solar i poden ser utilitzats tant en finestres, en recobriments de cèl·lules solars o en plàstics utilitzats en agricultura. La nanotecnologia permet que el cristall de la finestra reaccioni a les condicions (variables) del seu entorn mitjançant canvis en la seva transparència i translucidesa.

En el camp de la lluminació, la nanotecnologia està facilitant el desenvolupament i la comercialització de LEDs i OLEDs que produeixen llum blanca i consumeixen, respectivament, entre un 50% i un 90% menys que no pas les bombetes tradicionals. A tall d'exemple, el recobriment d'un LED blau amb un fòsfor blanc produiria com a resultat llum blanca. La deposició de capes fines fotoactives permet augmentar el rendiment d'aquestes capes, fins ara limitat pels defectes (naturals) dels materials de l'escala atòmica, i ofereix una potència adequada per a la lluminació. És més, permet una reducció substancial dels costos de producció i fa viables aquestes solucions més enllà de les seves aplicacions actuals en pantalles de telèfons mòbils, PDAs o panells d'instrumentació.

Com a exemple de sistemes d'emmagatzematge, els supercondensadors combinen els avantatges dels condensadors (rapidesa en l'alliberament d'energia) amb la de les bateries (densitat d'energia emmagatzemada). Aquests dos factors depenen, principalment, de l'àrea d'intercanvi entre l'electròlit i els elèctrodes, així com de la seva conductivitat. Mitjançant materials nanoestructurats es poden aconseguir àrees de superfície de fins a 1.000 m²/gram de carboni, així com una major retenció de la càrrega a un menor pes.

Consideracions addicionals

L'energia és un element essencial en camps tan variats com els processos de producció, el transport, la comunicació o el tractament d'aigües, fet que obre un ample ventall d'oportunitats per a l'aplicació de la nanotecnologia en el sector energètic.

Una de les principals característiques d'aquest sector és el potencial d'aconseguir sinergies entre els seus diferents camps d'aplicació, fet que pot facilitar l'explotació de resultats en diferents mercats. Per exemple, aplicacions com ara cèl·lules solars, piles de combustible, bateries o LEDs, en molts casos comparteixen components (p.e. elèctrodes, semiconductors, etc.) i/o tecnologies de producció (p.e. deposició de capes fines, materials porosos, etc.). No obstant això, cadascuna d'aquestes aplicacions té requisits específics, la qual cosa converteix en essencial la comprensió dels requisits clau des de les fases inicials d'R+D.

Més enllà dels avenços en àmbits específics del sistema energètic com la generació, l'emmagatzematge, l'ús o l'estalvi energètic, si en algun sector es pot parlar d'un canvi de paradigma, aquest és el sector energètic. El major potencial per l'ús de la nanotecnologia s'aconseguirà amb el replantejament de sistemes complets. Per exemple, en lloc de plantejar-se com transportar l'hidrogen a les estacions de reaprovisionament, perquè no plantejar-se com recarregar el cotxe al garatge de casa amb hidrogen produït amb energia solar?.

Cas pràctic d'aplicació: Matgas 2000 AIE

Responsable: Lourdes Vega

Descripció de l'empresa

MATGAS 2000 AIE és una agrupació d'interès econòmic sense afany de lucre dedicada a cobrir la demanda d'R+D dins l'àmbit de materials, gasos i energia. MATGAS potencia sinergies entre el sector empresarial, els centres de recerca i la universitat, mitjançant el coneixement profund del mercat i la capacitat investigadora i docent dels seus tres membres: Carbueros Metálicos-Grupo Air Products, el Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) i la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Disposa d'un edifici situat en el campus de la UAB Dotat de sis laboratoris d'última generació relacionats amb l'energia, la nanotecnologia, els fluids supercrítics i la simulació.

Aplicació 'nano'

Entre les seves línies de recerca en nanotecnologia, MATGAS està estudiant l'optimització de líquids iònics per a la seva aplicació com a electròlits en cèl·lules solar. La recerca s'aplica a una nova classe de cèl·lules solars de baix cost, les cèl·lules solars de Grätzel –conegudes en anglès com *dye-sensitized solar cells*– que poden beneficiar-se de l'optimització a escala 'nano' dels líquids iònics que s'hi apliquen per tal de millorar el seu rendiment. És un tema d'alta rellevància en aquest moment, ja que l'energia que prové de les cèl·lules solars és neta, renovable i abundant i, precisament, el rendiment i els costos n'han estat grans barreres per a una implementació més àmplia.

Recerca en curs

Les cèl·lules solars de Grätzel es basen en un semiconductor format per un ànode fotosensible i un electròlit (un sistema fotoquímic). Com a ànode s'utilitza una estructura nanoporosa de TiO₂ granular que, per les seves característiques 'nano', multiplica la superfície del tint ('dye') per mil i així incrementa substancialment la intensitat de la llum captada. Aquesta estructura redueix els espais en què es troba l'electròlit a l'escala nanomètrica (nanoestructures). L'avantatge d'utilitzar com a electròlit per a aquests tipus de cèl·lules solars els líquids iònics és que el seu comportament té un impacte important en l'eficàcia del sistema, en gran part a causa del canvi dràstic de comportament pel seu confinament a escala nanoscòpica. L'objectiu del treball desenvolupat a MATGAS mitjançant la combinació de simulació amb laboratori, és trobar el millor líquid iònic per actuar com a electròlit en aquestes cèl·lules solars (relació eficàcia-preu). Per a això es té en compte, entre d'altres coses, la distribució de la càrrega que es genera en el dispositiu pel fet d'orientar el líquid iònic prop dels elèctrodes, així com el canvi experimentat en les propietats de transport, mitjançant simulacions moleculars i assaigs a l'escala 'nano'.

Impacte potencial del producte / tecnologia en el mercat

En la recerca del millor líquid iònic per a aquesta aplicació, la combinació de modelització amb experiments que es duu a terme a MATGAS abarateix els costos i redueix els temps de desenvolupament del producte final. Hi ha nombroses empreses dedicades a l'ús d'energies renovables d'instal·lacions solars que podrien fer ús d'aquesta tecnologia. El mercat potencial és substancial: els ingressos de la indústria mundial fotovoltaica (inclosa instal·lació) van ser de 10.600 milions de dòlars el 2006, amb un creixement d'un 19% en un any. Les millores per l'ús de cèl·lules solars de Grätzel amb líquids iònics optimitzats poden fer créixer el mercat potencial de cèl·lules solars, ja que permet una major conversió d'energia solar en elèctrica, i fa més competitiva aquesta tecnologia enfront d'altres fonts d'energia.

3.1.4. Alimentació

Entre les principals tendències de consum dins del sector de l'alimentació destaquen la demanda d'aliments més saludables, la comoditat de preparació, l'atenció a processos més sostenibles i l'exigència de major seguretat i qualitat –sovint directament relacionades amb una major informació al consumidor.

La nanotecnologia pot contribuir a donar resposta a moltes d'aquestes tendències. Així, pot contribuir a potencial el sabor i l'aportació nutricional dels aliments, facilitar envasos que proporcionin informació al consumidor sobre el seu estat real o millorar-ne els processos de producció per fer-los més eficients.

De fet, les principals empreses d'alimentació del món com són Kraft Foods, Nestlé, Altria, Heinz o Unilever estan ja invertint fortament en R+D. S'estima que en tot el món ja hi ha més de dues-centes empreses actives en recerca i desenvolupament en aquest camp, i que aquest nombre creixerà significativament en els propers anys.

Les nanotecnologies tindran un impacte significatiu en diferents àrees de l'agricultura i l'alimentació, mitjançant la utilització de nanomaterials i/o processos i eines 'nano' en el conreu, el processament i l'envasament dels aliments. Tot i que les aplicacions en l'àrea de l'envasament estiguin més avançades, també podem trobar ja al mercat nombrosos exemples d'aplicació en d'altres camps.

		
Agricultura	Processament	Envasament
Nanocàpsules per a l'alliberament de pesticides, fertilitzants i altres agroquímics d'una manera més eficient Nanosensors per controlar les condicions del subsòl i el creixement dels conreus Nanosensors per detectar patògens en plantes	Nanocàpsules per millorar la biodisponibilitat de nutraceutics en aliments Potenciadors del sabor nanoencapsulats Nanopartícules per a l'eliminació selectiva de patògens als aliments Nanoemulsions i nanopartícules per a una millor disponibilitat i dispersió dels nutrients	Anticossos adossats a nanopartícules fluorescents per detectar químic/patògens Nanosensors biodegradables per al control de la temperatura i la humitat en el temps Nanoargiles i nanofilms com a materials "barrera" per prevenir el deteriorament dels aliments Nanosensors electroquímics per detectar etilè Recobriments superficials antimicrobians i antifúngics amb nanopartícules (argent, zinc, ...)

Figura 16. Exemples d'aplicacions nano en alimentació.
Font: a partir de Nanowerk

La nanotecnologia contribuirà al tractament i protecció de les collites

Els sistemes intel·ligents d'alliberament d'agroquímics permetran l'alliberament controlat de fertilitzants, pesticides i herbicides en la dosi i el moment adients. Ja hi ha diversos productes al mercat basats en la micro i la nanoencapsulació. Per exemple, productes encapsulats que alliberen el plaguicida que contenen al contacte amb les fulles, o insecticides nanoencapsulats que alliberen el seu contingut quan entren en contacte amb un mitjà alcalí, com l'estomac de certs insectes. Un avantatge addicional és que es fa més segura la utilització de components perillosos.

Els 'cultius de precisió' del futur utilitzaran aquests sistemes d'alliberament en combinació amb sensors i d'altres dispositius basats en la nanotecnologia per controlar l'estat de les collites. Els nanosensors podrien mesurar variables com la humitat del terreny i els nivells de nitrogen, pol·len i diversos agroquímics, i identificar el moment i el lloc exactes per regar o bé alliberar un plaguicida determinat. Els experts estimen que aquests sistemes seran una realitat en el termini d'uns deu o quinze anys.

El potencial de la nanoencapsulació en el processament d'aliments i begudes

La utilització de nanopartícules i nanocàpsules ajudarà a millorar la *biodisponibilitat* de diferents nutrients, i millorar-ne l'absorció per part del cos. En l'àmbit dels aliments funcionals, pot ocórrer que els compostos actius que aporten es degradin durant el seu processament o emmagatzematge, o bé que no exerceixin tot el seu potencial beneficiós perquè el cos humà els destrueix abans. L'encapsulació pot ser una bona opció per protegir el component actiu.

Un avantatge addicional de la nanoencapsulació és que permet la incorporació de compostos insolubles en aliments o cosmètics. A Austràlia ja estan utilitzant nanocàpsules d'oli de tonyina per incorporar àcids grassos Omega-3 a una de les marques més populars de pa. En aquest cas, les nanocàpsules afegeixen valor nutritiu al pa sense alterar-ne el sabor, ja que només alliberen el seu contingut en contacte amb l'estomac.

Un altre àmbit, on les primeres aplicacions no es veuran fins d'aquí a uns anys, és el dels aliments i begudes interactius, que s'adaptin al gust o les necessitats del consumidor. Les possibilitats inclouen begudes

que canvien de color o sabor, o aliments que poden ajustar-se a les necessitats alimentàries d'un consumidor determinat. El concepte es basa en milers de *nanocàpsules* incorporades als aliments (que contenen colorants, aromes o elements nutritius) i que s'alliberen davant d'un estímul extern, com ara diferents freqüències de microones. Així, per exemple, els consumidors podrien comprar un únic tipus de refresc i elegir-ne el sabor just abans de consumir-lo.

L'envasament actiu contribuirà a la millora de la seguretat alimentària

Les noves tecnologies i materials per a l'envasament són les que prometen majors beneficis a curt termini. L'aportació de la nanotecnologia en aquest àmbit tindrà impacte en la millora de la seguretat alimentària o la prolongació de la vida útil d'aliments i begudes. La cervesa, per exemple, pot envasar-se en ampolles de plàstic, més lleugeres que el vidre i més barates que no pas les llaunes. El problema és que l'alcohol de la cervesa reacciona amb el plàstic de l'ampolla i en redueix significativament la vida útil. No obstant això, ja s'han desenvolupat compostos de plàstic amb nanopartícules d'argila per produir ampolles més lleugeres i resistents. L'estructura de determinats nanocompostos crea una barrera molecular que minimitza la pèrdua de diòxid de carboni i l'entrada d'oxigen en l'ampolla, proporcionant-li fins a sis mesos de vida útil. Aquesta i d'altres tecnologies ja estan sent adoptades per diversos fabricants de cervesa al món sencer.

En l'àrea de la millora de la seguretat alimentària destaquen els envasos actius amb propietats antimicrobianes mitjançant la incorporació de nanopartícules d'argent o zinc. També s'investiguen els envasos intel·ligents que podrien alertar sobre l'estat dels aliments, per exemple, mitjançant un canvi de color. Diverses empreses multinacionals estan treballant en sistemes d'envasament que detectaran patògens en els aliments i alertaran el consumidor en cas que es trobin en mal estat. S'espera que aquests nous sistemes, capaços de detectar patògens com la salmonel·la i la E. coli, estiguin disponibles en els propers anys. Una altra possibilitat són els envasos que no només detecten quan comença a degradar-se l'aliment, sinó que també ac-

tuen absorbint oxigen de l'interior de l'envàs o alliberen un conservant per retardar-ne el deteriorament.

Consideracions addicionals

La contribució a la seguretat alimentària és un dels punts forts per a la incorporació de la nanotecnologia en el sector, tot i que la contribució en l'àmbit de l'agricultura promet, també, un gran potencial econòmic i social. El desenvolupament d'aliments i begudes interactius també rep molta atenció, malgrat que caldrà esperar alguns anys abans de veure'n els primers productes al mercat.

És important destacar aquí que en l'actualitat hi ha poca informació sobre el possible impacte de les nanopartícules en la salut i el medi ambient. Alguns dels temes que susciten més preocupació són l'accés de les nanopartícules a les regions cel·lulars on no arriben les partícules macroscòpiques, o la bioacumulació. Aquesta mancança d'informació ha suscitat ja un gran debat, especialment en productes destinats a l'alimentació. Un informe recent del IFST suggereix que hi hauria d'haver més informació sobre la seguretat de les nanopartícules abans d'aprovar-ne la utilització en l'àmbit alimentari. Alguns grups, com l'ETC Group ja han anat més enllà, i han demanat una moratòria sobre la nanotecnologia en aplicacions agroalimentàries.

Una estratègia adient, i probablement necessària, per aclarir els dubtes d'una manera definitiva consisteix en l'avaluació de la seguretat dels productes basant-se en l'efecte de la composició i grandària de les partícules que incorporen. La FSA (*Food Standard Agency*) britànica ja està desenvolupant un projecte per tal de compilar dades sobre la utilització de la nanotecnologia en l'alimentació, mentre que desenes de projectes i consorcis s'han creat en els darrers cinc anys per estudiar aquest tema en profunditat.

D'altra banda, la legislació actual no obliga les empreses a etiquetar els productes que contenen nanopartícules. Una correcta informació al consumidor és un aspecte clau per convèncer els consumidors, especialment en un sector com l'alimentari. Per aquest motiu, caldrà mantenir-se alerta davant de possibles canvis en la legislació (que molts ja demanen) i com afectaran el futur desenvolupament i comercialització de productes basats en la nanotecnologia.

Tot i que aquest debat hagi provocat que la majoria de grans empreses del sector es mostrin molt cautes a l'hora de fer públiques les seves activitats en aquest camp, és cert que l'activitat de recerca i desenvolupament no es deté. I és que, malgrat que la tecnologia resolgui les barreres esmentades anteriorment, encara roman per superar una última barrera, la del preu. Les aplicacions en el mercat es limiten, de moment, a sistemes d'envasament i productes funcionals millorats, i només són viables en productes d'alt valor afegit a causa del preu que porten associat.



Figura 17. Ampolla de PET de cervesa de Hite Brewery. Font: www.hite.com

Cas pràctic d'aplicació: AROMICS, SL

Responsable: Carmen Plasencia, Chief Scientific Officer

Descripció de l'empresa

Applied Research Using Omic Sciences, SL –AROMICS– (www.aromics.es), fundada el 2005, és una empresa biotecnològica dedicada a l'aplicació de les ciències OMIC (genòmica, proteòmica, metabolòmica, etc) i la biologia molecular i cel·lular en processos de recerca i desenvolupament de fàrmacs. Així mateix, l'empresa es dedica a la identificació de gens i proteïnes amb aplicació diagnòstica i terapèutica. Des dels seus inicis, AROMICS intenta capitalitzar i aplicar el coneixement adquirit com a fruit de la recerca en noves tecnologies, establint un nexe entre la ciència bàsica i la indústria i promovent la incorporació de noves tecnologies en la indústria. En termes generals, l'empresa es dirigeix principalment a tres grans sectors del mercat: farmacèutic, biotecnològic i nanotecnològic (tant l'aplicació directa de la bio i la nanotecnologia en la indústria com l'aplicació transversal d'ambdues en distints sectors com salut humana i animal, agroalimentació i medi ambient), i c) sector biomèdic, on AROMICS se centra específicament en el desenvolupament de mètodes genètics i moleculars per a detecció precoç de malalties i la promoció de la medicina personalitzada.

Producte / tecnologia 'nano'

Desenvolupament de plataformes sensores d'aplicació industrial per a la monitorització de patògens en aliments, mostres ambientals i mostres clíniques. Per a aquesta aplicació s'utilitzen partícules magnètiques (des de 300 o 500 nm a 1µM) "funcionalitzades" amb distints elements de reconeixement (anticossos principalment) que permeten la captura i detecció de diferents patògens.

Procés de desenvolupament de producte / tecnologia

En l'aplicació descrita aquestes micropartícules són utilitzades com a "vehicles" per a la detecció de molècules d'interès en mostres complexes. Aquests marcadors magnètics ofereixen un gran nombre d'avantatges, els més importants dels quals que les seves propietats magnètiques són estables en el temps, permeten eliminar els efectes d'interferència d'altres elements de la mostra i la seva superfície, fàcilment funcionalitzable amb elements de reconeixement específics, permet la unió específica de les biomolècules o patògens a detectar.

Avantatges del producte / tecnologia

L'ús de partícules magnètiques per a mètodes de separació i concentració en tècniques de biologia molecular està molt estès i actualment hi ha un interès creixent per part de la indústria en la seva aplicació directa com a elements de reconeixement específics (d'analits) diversos (patògens, hormones, substàncies químiques nocives per a la salut) en aliments.

És possible aplicar també altres nano i micropartícules de diferents tipus (inorgàniques, metàl·liques, polimèriques, etc.) amb distintes propietats fisicoquímiques i funcionalitzar-les amb diferents elements de reconeixement, aconseguint així, d'una banda, la captura de l'analit d'interès i, de l'altra, en funció de les característiques de la partícula, optimitzar el mètode de detecció (òptic, magnètic, etc) per obtenir un sistema que satisfaci les necessitats de les empreses del sector agroalimentari, pel que fa a cost, velocitat de detecció, senzillesa d'utilització, etc. La millora en els mètodes de detecció de patògens permetrà a les empreses garantir la producció d'aliments de major qualitat i amb majors garanties higienicosanitàries així com l'estandardització de mètodes de control d'aquests patògens més segurs i eficaços. Es tracta, per tant, de proveir al mercat d'una nova tecnologia que repercutirà d'una manera directa sobre la competitivitat d'aquest sector i sobre la salut dels consumidors.

Mercat

Pel fet de tractar-se d'un mercat novedós i d'unes possibilitats d'aplicació tan diverses, es fa difícil encara disposar de xifres precises. De qualsevol manera, en tractar-se de productes d'alt valor afegit, els seus mercats preferents són els països més desenvolupats i, entre els clients més destacats s'hi troben les multinacionals més importants de sector ben diferents: el biosanitari-farmacèutic, el mediambiental, l'agroalimentari i el militar. Si tenim en compte que la indústria productora d'aliments i begudes de la Unió Europea està valorada en gairebé 600.000 milions d'euros (un 15% de la producció total) i que dins d'aquest entorn Espanya ocupa un lloc destacat pel darrere de França, Alemanya i el Regne Unit, l'impacte d'aquestes tecnologies és considerable.

3.1.5. Tèxtil

La nanotecnologia ofereix un gran potencial per dotar de valor afegit els productes del sector tèxtil. Sovint, els mètodes convencionals utilitzats per donar als teixits les seves propietats finals no són estables en el temps, i perden les característiques després de cicles successius d'utilització, rentada i planxada. L'aplicació de la nanotecnologia pot ajudar a prolongar la durabilitat dels teixits i dotar-los, a més, de propietats antiarrugues, antibacterianes, antitaques o protecció ultraviolada. Tot això sense alterar, o de vegades fins i tot millorant, la transpirabilitat o el tacte. Així, la incorporació de la nanotecnologia al sector contribuirà al desenvolupament de productes d'alt valor afegit i constitueix una bona estratègia competitiva davant de la competència de països amb baixos costos laborals.

Actualment ja hi ha nombrosos exemples d'aplicacions 'nano' en tèxtils.

L'any 2005, més de 700 productes basats en la nanotecnologia havien entrat ja en el mercat tèxtil. S'estima que el mercat de tèxtils que incorporen nanotecnologia assolirà els 13.600 milions de dòlars el 2007, i arribarà a superar els 115.000 milions abans de 2012¹⁵. Cal tenir en compte que, d'aquesta xifra, només una petita fracció estarà relacionada amb el subministrament de nanomaterials a la indústria tèxtil.

Aportacions de la nanotecnologia al sector tèxtil

D'entre les possibilitats de la nanotecnologia s'inclou el desenvolupament de nous fils i fibres o la millora dels acabats superficials. També hi ha nombroses oportunitats en la creació de teixits intel·ligents amb funcionalitats avançades, impensables només uns anys enrere.

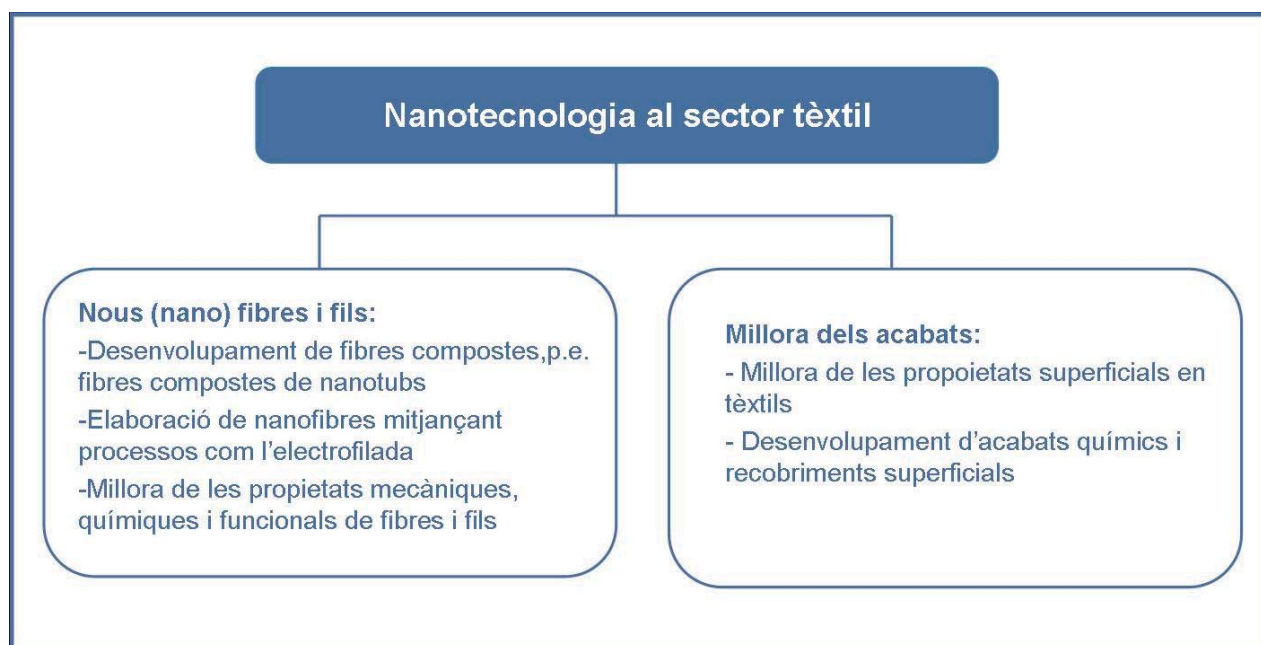


Figura 18. Principals aplicacions 'nano' en tèxtil. Font¹⁶

La nanotecnologia permet la millora de les propietats dels teixits

En el camp de la fabricació de noves fibres i fils, trobem les fibres compostes que incorporen nanopartícules (argiles, òxids metàl·lics o *negre de carbó*), nanofibres de grafit o nanotubs de carboni. La raó principal per incorporar nanomaterials en fibres i fils és l'augment de la resistència mecànica i la millora d'altres propietats, com ara la conductivitat o el comportament antiestàtic. Gràcies a la seva gran àrea superficial, aquests nanomaterials presenten una major interacció amb les matrius polimèriques, que interfereixen en el moviment de les cadenes de polímers i, d'aquesta manera, en redueixen la mobilitat. Així, una distribució homogènia¹⁷ de les nanopartícules en una matriu polimèrica pot incrementar-ne la duresa i la resistència a l'abrasió.

Un estudi recent en qual s'han incorporat nanopartícules d'argila en fils de polietilè durant el procés d'extrusió, pel qual la matèria se sotmet a fusió, transport, pressió i deformació, ha conferit noves propietats al compost i ha creat una nova fibra un 150% més resistent.

És important destacar que, malgrat que la majoria de materials esmentats abans s'han utilitzat en l'elaboració de materials compostos durant dècades, és la seva reducció a escala nanomètrica el que està proporcionant fibres amb prestacions significativament millorades. Els *nanotubs de carboni*, de la seva banda, són una nova categoria per afegir a aquesta llista. Els materials compostos reforçats amb nanotubs permeten donar lloc a una nova classe de fibres més fortes i lleugeres amb

propietats elèctriques i tèrmiques no disponibles en les fibres tèxtils, però que en mantenen el tacte original. La incorporació de nanotubs evita l'encongiment de les fibres, en multiplica la rigidesa i millora la seva resistència als dissolvents.

Electrofilada / electrospinning

La tecnologia d'electrofilada permet l'obtenció de nanofibres polimèriques exposant una solució del polímer a un alt voltatge, mitjançant un procés relativament senzill i amb baix cost (vegeu la següent figura).

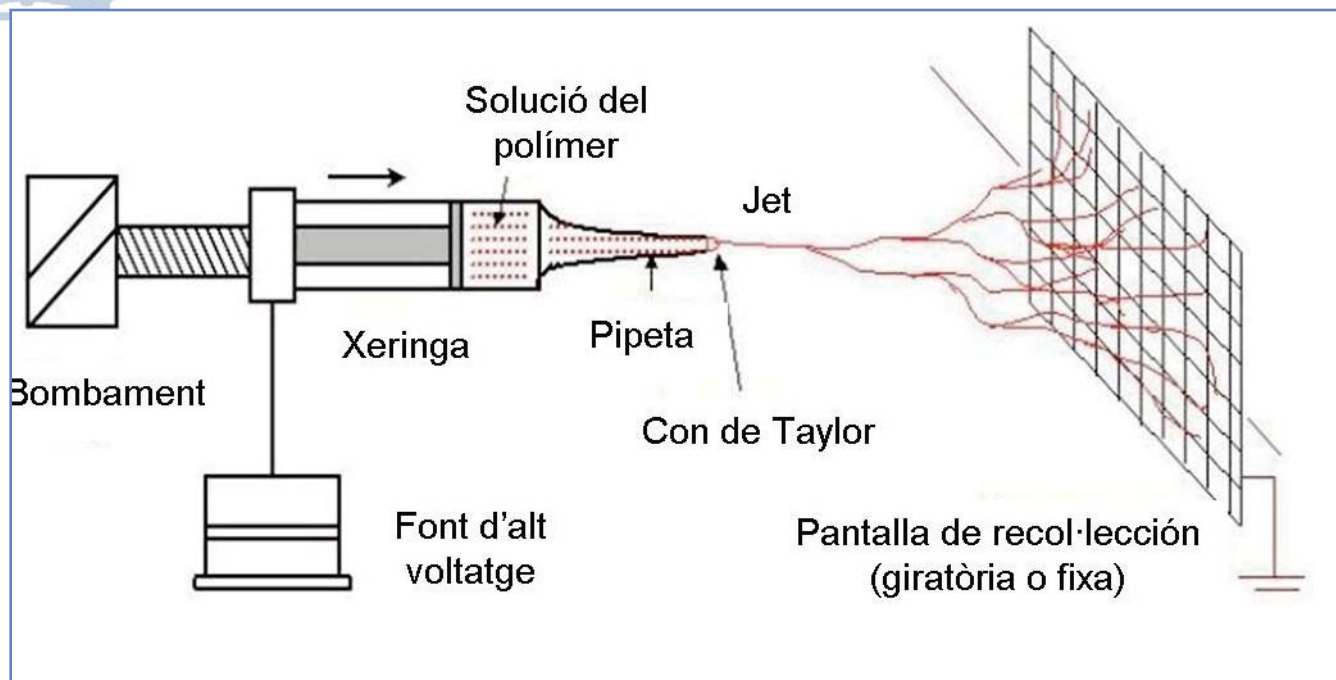


Figura 19. esquema del procés d'electrofilada (electrospinning)
Font: Virginia Tech (www.che.vt.edu)

Noves propietats dels tèxtil gràcies a la nanotecnologia

Així mateix, es poden inferir propietats antimicrobianes, antiolors o de bloqueig d'UV a fils i fibres, mitjançant la incorporació de nanopartícules. Diverses empreses ja han desenvolupat amb èxit processos per incorporar agents antimicrobians i/o absorbents d'olor a les fibres durant el procés de filada, que han demostrat, a més, una alta durabilitat enfront de la rentada. La utilització de nanomaterials catalítics i bactericides permet eliminar fins al 99,9% dels microorganismes perjudicials després d'algunes hores d'exposició, i oxidar catalíticament els compostos responsables de l'olor. Aquests materials s'utilitzen ja en una àmplia varietat de productes.

La nanotecnologia permet la millora dels acabats tèxtils

En aquest àmbit, trobem tractaments superficials que infereixen propietats ignífugues, *hidròfobes / hidròfiles*, *oleòfobes / oleòfiles*, antimicrobianes, bloqueig d'UV o que alliberen substàncies (p. e. fragàncies) als teixits sobre els quals s'apliquen. Els recobriments superficials inclouen, normalment, tractaments *sol-gel* i deposició de nanocapes d'espessor nanomètric. Les aplicacions són infinites, des de roba més resistent fins a peces més segures o confortables per a l'usuari.

Un dels líders en aquest àmbit és la nordamericana Nano-Tex, reconeguda com una de les primeres empreses que ha portat la nanotecnologia als productes de consum¹⁸. Aquesta empresa ha desenvolupat processos que modifiquen el teixit a escala molecular per obtenir propietats antiestàtiques, antiarrugues, resistents a les taques, repel·lents d'oli o protectores enfront a radiació ultraviolada, entre d'altres. Aquests tractaments ajuden, a més, a prolongar la vida dels teixits, que presenten una major resistència al desgast i a l'abradió, sense alterar-ne el tacte.

Una altra de les estratègies utilitzades és la incorporació de nanocàpsules en tèxtils per a l'alliberament de diverses substàncies, incloent desodorants, fragàncies, fàrmacs, perfums, etc. Les nanocàpsules es poden fixar al teixit, a les fibres, situar-se en porus o incorporar-s'hi mitjançant recobriments. L'alliberament del seu contingut es deu, normalment, a estímuls externs, com per exemple el fregament del teixit (per a més informació, consulteu el cas pràctic).

Els tèxtils intel·ligents

Els avenços de la nanotecnologia faran possible la fabricació de teixits intel·ligents que reaccionin davant d'estímuls externs (temperatura, exposició al sol o humitat). També s'investiga ja en teixits que puguin detectar i protegir enfront d'agents químics i biològics

externs, tot modificant alguna de les seves propietats.

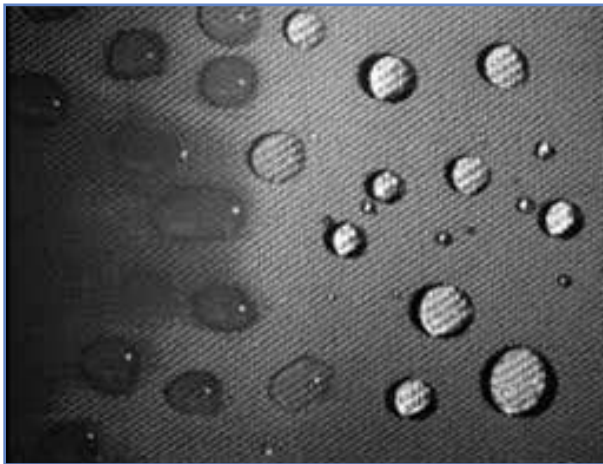


Figura 20. Teixit de cotó/polièster repel·lent a l'aigua; esquerra: no tractat; dreta: tractament de plasma. Font: Fraunhofer

Els tèxtils intel·ligents són, per exemple, aquells que, gràcies a la combinació d'aquests nanomaterials, són capaços d'autodiagnosticar-se i autoadaptar-se a les condicions marcades com a òptimes o correctes.

En el camp de 'wearable electronics', els avenços de la nanotecnologia permetran la miniaturització i la integració de diferents elements electrònics i tecnologia mòbil en la vestimenta mateixa.

Consideracions addicionals

Com hem vist, la nanotecnologia pot contribuir no només a la fabricació de fibres i teixits amb propietats millorades, sinó també al desenvolupament de tèx-

tils intel·ligents amb funcionalitats radicalment noves. No en va cada cop hi ha més aplicacions de la nanotecnologia en el mercat tèxtil. Prova d'això és que la xarxa d'instituts Hohenstein ha creat ja un segell per certificar aquells productes que veritablement fan ús de la nanotecnologia per millorar les seves prestacions. Entre els requisits que han de complir els seus productes s'inclouen la repel·lència a la brutor, la compatibilitat amb la pell, la resistència a l'abrasió i la resistència a les rentades.

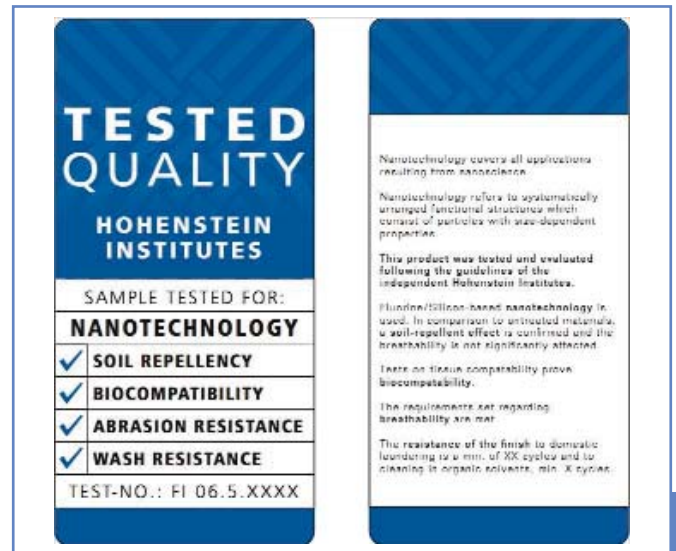


Figura 21: Segell 'nano'
Font: Hohenstein Insitutes

La incorporació de la nanotecnologia per obtenir productes i funcionalitats d'alt valor afegir pot ajudar a l'orientació a mercats on la competència en preus ja no és pas el factor clau. D'aquesta manera, la nanotecnologia pot contribuir a la competitivitat d'un sector tan exposat a la competència internacional, especialment en els darrers anys.

Cas pràctic d'aplicació: Color-Center, SA

Responsables: Jaume Mir, Joan Salvà

Descripció de l'empresa

Color-Center (www.colorcenter.es) és una empresa familiar fundada el 1978 i que comercialitza colorants i auxiliars per al tèxtil. Sempre ha estat interessada en la innovació tecnològica, fins al punt d'esdevenir una empresa d'R+D+i, tant com una empresa comercial. Situada a Terrassa, està formada per una plantilla de més de trenta treballadors, la meitat dels quals amb titulació superior. El seu mercat natural és el mercat tèxtil espanyol, tot i que, en l'actualitat, el 20% de la seva facturació prové d'exportacions a nombrosos països d'Àsia i Latinoamèrica.

Producte / tecnologia 'nano'

Microcàpsules de distintes composicions químiques amb diferents principis actius: aromes, cosmètics, principis actius farmacèutics, etc., per a utilització industrial en aplicacions tèxtils i cosmetològiques i per a aplicacions en la rentada domèstica.

Procés de desenvolupament del producte / tecnologia

Davant de la invasió de productes tèxtils de baix cost de països emergents, el mercat tèxtil europeu es veu en la necessitat de generar productes diferenciats i d'alt valor afegit. Una de les diverses opcions ha estat dotar els teixits de propietats que no els són intrínseques, per tal que transmetin efectes de confort i benestar a les persones. Un dels problemes que es deriven d'afegir productes als teixits és assegurar la durabilitat dels seus efectes després de repetides rentades. Per a això, hem d'assegurar i protegir les substàncies actives que utilitzem, però assegurant-ne també l'alliberament sobre la pell. Fins ara, la millor manera d'aconseguir aquests dos requisits ha estat la micro / nanoencapsulació.

Entenem per microencapsulació el procés pel qual petítíssimes quantitats d'un principi actiu –gasós, líquid o sòlid– són envasades dins d'un segon material –la microcàpsula– amb el propòsit de protegir el principi actiu de l'entorn proper. Les microcàpsules tenen una mesura aproximada d'entre 5 μ i 200 μ i tenen una forma més o menys esfèrica. La càpsula està formada per un material polimèric en l'interior del qual es conté el principi actiu que produeix l'efecte desitjat. Aquest principi pot ser des d'una aroma fins a principis cosmètics o farmacològics.

Avantatges del producte / tecnologia

Podem aplicar aquestes microcàpsules als teixits mitjançant les tecnologies habituals en el ram del tèxtil, i aconseguir així una gran varietat d'efectes sense necessitat de grans inversions en les fàbriques tèxtils. En aquests moments, ja s'estan comercialitzant efectes cosmètics (anticel·lulítics, hidratants, antiarrugues,...), farmacèutics (antiinflamatoris, cicatritzants,...) i aromes. Aplicant aquests productes encapsulats aconseguim una gran durada en els seus efectes. Així, podem dir que es poden mantenir els efectes del principi actiu fins a després de quaranta rentades, i podem sentir l'olor de l'aroma aplicada sobre el teixit (en aquest cas sense rentar) després d'uns quants anys. Aquests resultats serien impensables amb productes sense encapsular.

Mercat

Atès que es tracta d'un mercat novedós i d'unes possibilitats d'aplicació tan diverses, es fa encara difícil disposar de xifres precises. En qualsevol cas, pel fet de tractar-se de productes d'alt valor afegit, els seus mercats preferents són els països més desenvolupats i, entre els clients més destacats s'hi troben les multinacionals més importants dels sectors tèxtil, cosmètic, 'healthcare' i 'householder', arribant a un volum global d'uns 200 milions de dòlars.

4. Conclusions i recomanacions

4.1. Conclusions

La nanotecnologia facilitarà avenços pràcticament en tots els sectors

Com s'ha vist al llarg del document, la nanotecnologia contribuirà a la millora de multitud de productes i processos en diferents sectors industrials. Des de mètodes de generació d'energia més nets, fins a mètodes d'alliberament de fàrmacs amb menys efectes secundaris, passant per tèxtils funcionals o mètodes d'envasament d'aliments que milloren la seguretat de la cadena alimentària. La creació de nous materials més lleugers i resistents tindrà un impacte en sectors com ara l'automoció o l'aeronàutica. Però la possibilitat de traslladar funcionalitats especials (contra ratllades, aparició de baf, relliscades, etc.) en la superfície dels materials, permet també incorporar la nanotecnologia en productes quotidians (finestres, terres, fogons encastrables, etc.) amb uns costos assumibles pel mercat.

Encara hi ha barreres importants per a la incorporació massiva de les nanotecnologies

En primer lloc, el preu. Els elevats costos dels nanomaterials impedeixen, sovint, una major penetració en el mercat de productes i processos basats en la nanotecnologia. Tanmateix, ja s'estan creant diverses plantes arreu del món per industrialitzar la producció de diferents tipus de nanomaterials. Hom espera que els preus baixin, amb la qual cosa aplicacions que ara com ara no són factibles, ho seran d'aquí a uns anys. Malgrat que l'elevat preu dels nanomaterials és, en molts casos, una barrera, la nanotecnologia també pot ajudar a reduir els costos d'algunes aplicacions finals, com hem vist al llarg del document.

Un altre problema associat amb la producció de nanomaterials és la variabilitat entre diferents lots, fet que en dificulta l'aplicació en mercats que requereixen una gran reproduïbilitat dels materials amb els que treballa. D'aquests mercats, en són exemples característics el sector mèdic, o l'electrònic. Malgrat això, els avenços en els processos de producció estan aconseguint cada cop una major reproduïbilitat, reduint així la variabilitat entre lots.

Un altre tema del qual encara no s'ha parlat són les patents. Aquí, el problema prové de les diferències entre els models de patents de la Unió Europea i dels Estats Units. Aquest darrer és menys restrictiu, i per tant és molt més fàcil obtenir una patent de procés o producte. En cas de conflicte amb una empresa nord-americana, les empreses europees sovint decidei-

xen no entrar en disputes legals, pels enormes costos derivats del procés legal. Segons el parer dels experts del pannell Delphi consultat en el projecte NanoRoadMap¹⁹, el 76% dels experts creu que això representarà desavantatges per a la UE en el camp de la nanotecnologia a mig i llarg termini.

Però, és segura la nanotecnologia?

Encara és difícil vaticinar quins efectes poden tenir alguns tipus de nanomaterials sobre la salut humana i el medi ambient. Diversos informes elaborats per organitzacions com les Nacions Unides o la Royal Society and Royal Academy of Engineering fan palès que el coneixement sobre les possibles conseqüències per a la salut i el medi ambient és, encara, escàs. Les nanopartícules poden entrar en l'organisme per diverses vies, i poden ser ingerides, inhalades, injectades o absorbides per la pell. La preocupació rau, principalment, en la possibilitat que accedeixin a regions cel·lulars inaccessibles a partícules de major grandària. Per això, les nanopartícules d'un determinat material poden tenir efectes diferents dels del seu homòleg 'macro'. Una altra preocupació són els efectes d'una possible acumulació d'aquestes partícules lliures en el cos humà.

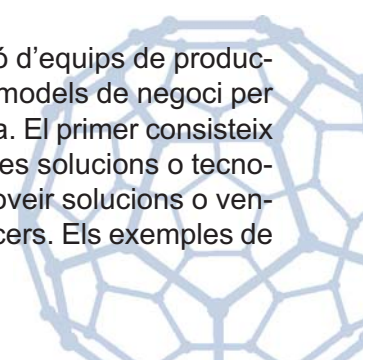
La realitat és que encara es realitza poca recerca en aquest camp. Les xifres són aclaridores: un informe publicat per les Nacions Unides²⁰, destaca que, el 2005, els Estats Units i Europa van dedicar conjuntament més de 10.000 milions de dòlars a la recerca relacionada amb les nanotecnologies, però només uns 39 milions de dòlars a avaluar-ne els riscos.

En general, els experts coincideixen en què és necessari dedicar més recursos a estudiar els possibles efectes, i evitar al mateix temps que els riscos potencials suposin un fre al desenvolupament de les nanotecnologies. Molts experts coincideixen en què caldrà fer una anàlisi cas per cas, i estudiar els possibles efectes de determinades nanopartícules per a una aplicació concreta. D'altra banda, una anàlisi detallada dels riscos i una informació correcta als consumidors ajudarà a evitar el rebuig de productes basats en la nanotecnologia.

4.2. Recomanacions

Diferents models de negoci per comercialitzar la nanotecnologia

Més enllà de la comercialització d'equips de producció i eines de suport, hi ha dos models de negoci per comercialitzar la nanotecnologia. El primer consisteix a investigar i desenvolupar noves solucions o tecnologies basats en la N&N per proveir solucions o vendre / llicenciar tecnologies a tercers. Els exemples de



casos pràctics presentats en aquest document que s'ajusten a aquest model de negoci corresponen a Activery, Aromics i Color Center.

Una altra manera de fer negoci amb la nanotecnologia és aprofitar les oportunitats que ens ofereix per millorar els productes i els processos d'empreses finals. Els exemples de casos pràctics presentats en aquest document que s'ajusten a aquest model de negoci corresponen a Rovalma i Matgas. En qualsevol cas, qualsevol empresa que estigui interessada a entrar en l'àmbit de les nanotecnologies, haurà de fer un estudi previ sobre què poden aportar al seu negoci concret.

Fomentar la interdisciplinarietat i la col.laboració

Moltes de les conclusions que es presenten en diferents documents nacionals i internacionals relacionats amb la nanotecnologia suggereixen la col.laboració entre diferents disciplines, i entre la ciència i la indústria, per millorar l'impacte de les nanotecnologies. Malgrat que pot considerar-se com una recomanació molt general, és especialment vàlida per al cas de la nanotecnologia, on intervien disciplines tan diverses i complementàries com la química, la física, la biologia o la informàtica.

En general, la col.laboració amb d'altres empreses o centres de recerca en l'àmbit de la nanotecnologia és una bona estratègia per accedir a coneixement complementari no existent dins de la companyia. A més, pot ser una bona manera de minimitzar els riscos relacionats amb la recerca i el desenvolupament.

Caldrà mantenir-se alerta davant de futurs canvis en la regulació, fet que podria dificultar i/o retardar la comercialització de productes basats en la nanotecnologia.

I és que podria haver-hi canvis significatius en la legislació internacional, en funció dels resultats dels estudis sobre els efectes dels nanomaterials en la salut i el medi ambient. És possible que el marc regulador actual s'adapti i inclogui aspectes específics per tractar els nanomaterials. Però, en el cas que es demostrí que hi ha perills associats a determinats nanomaterials, podrien crear-se regulacions molt més estrictes que no pas les actuals. En qualsevol cas, és recomanable implicar-se en grups de treballs nacionals o internacionals involucrats en la definició de regulacions i estàndards per a l'ús i l'aplicació de la nanotecnologia.

Notes:

¹ S'espera que l'International Standards Organization Technical Committee 229 (ISO TC229) elabori una definició de nanociència i nanotecnologia, ja que fins al moment no hi ha una definició acceptada globalment sobre aquests termes

² Un nanòmetre (nm) és la mil·lionèsima part d'un metre: $1\text{nm}=0,000000001\text{ m}$

³ CSIC-ICB, Group of carbonaceous Nanostructures and Nanotechnology

⁴ Profiting from International Nanotechnology. 2006. lux Research Inc.

⁵ Nanotechnology: The Industrial Revolution of the 21st Century. 2006. Fundació de la Innovació BANKINTER

⁶ Small Times/EmTech Research. 2005 Report.

⁷ Nanopost. com és una empresa sorgida de l'Institute of Nanotechnology (www.nano.org.uk)

⁸ European Technology Platform Nanomedicine, <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/nanomedicine.htm>

⁹ NanoMed Spain és la plataforma espanyola de nanomedicina: <http://www.nanomedspain.net>

¹⁰ "Nanotechnology for the energy market". Científica. Febrer 2007

¹¹ nanotechnology: Innovation for tomorrow's world. European Commission, research DG. 2004

¹² Tot i amb les quantioses inversions en R+D, hi ha aplicacions que probablement mai no veuran la llum. Com exemple més vistós, finalment sembla ser que els nanotubs de carboni no són la solució per al emmagatzemament d'H₂O

¹³ Institute of Food Science and Technology del Regne Unit, www.ifst.org

¹⁴ Down on the Farm. The Impact of Nano-scale Technologies of Food and Agriculture. ETC Group

¹⁵ Nanotechnologies for the Textiles Market

¹⁶ Applications and Future of Nanotechnology in Textiles

¹⁷ La distribució homogènia de nanopartícules i altres nanomaterials en diferents tipus de matrius encara representa un dels reptes més importants de la N&N, per tal de poder traslladar les seves propietats de manera efectiva a l'escala macroscòpica.

¹⁸ En 2002, un dels seus processos va ser reconegut per la revista TIME com una de les invencions més significatives de l'any.

¹⁹ NanoRoadMap, www.nanoroadmap.it

²⁰ Emerging Challenges. nanotechnology and the Environment

Annex I. Glossari de termes

Biodisponibilitat

Quantitat i velocitat amb la qual un principi actiu s'absorbeix i es troba disponible en el lloc d'acció.

Biomarcador

Indicador d'un estat o procés biològic, com una malaltia o la resposta a una intervenció terapèutica. La seva naturalesa és diversa, i inclou gens modificats, canvis en la producció de proteïnes o en les característiques de les cèl·lules, etc. Els biomarcadors poden ser analitzats mitjançant diagnòstic in-vitro de mostres o ser visualitzats i quantificats in-vivo.

Biomaterials

Materials susceptibles de ser utilitzats en l'interior d'un organisme per al seu ús mèdic.

Biosensor

Dispositiu que conté una molècula d'origen biològic capaç d'emetre un senyal quantificable en resposta a un determinat estímul.

Piles de combustible

Operen de manera similar a les bateries amb la diferència que no emmagatzemen energia. Consisteixen en dos elèctrodes amb un electròlit al mig i produeixen energia elèctrica (i aigua) a partir de l'energia química del H₂ i O₂. La reacció es controla mitjançant catalitzadors.

Hidròfob

Substància que 'repel·l' l'aigua.

Hidròfil

Substància que 'atrau' l'aigua.

Fluid supercrític

Estat de la matèria diferent dels estats gasós, líquid i sòlid, amb propietats que estan entre les del gas i les del líquid. El CO₂ és un dels fluids supercrítics més utilitzats.

Lab-on-a-chip

Dispositiu miniaturitzat capaç d'integrar múltiples funcions analítiques, que imita determinats processos d'un laboratori en un únic xip.

LED (Light Emitting Diode)

Xip dividit en dues parts. Excitant els electrons d'un dels costats se'ls força cap a la superfície, des d'on salten a l'altre costat del xip. Quan arriben a l'altra costat cauen en els forats (de càrrega; holes), i produeixen llum com a resultat col·lateral d'aquest moviment.

Microscopi de força atòmica

Consta d'un cap que acaba en una punta diminuta que interactua amb la superfície a rastrejar. La proximitat entre la superfície i l'agulla permet conèixer la textura superficial a escala atòmica o molecular, o manipular les partícules de la superfície. Conegut com a AFM, per les seves sigles en anglès.

Microscopi d'efecte túnel

Permet l'observació de molècules amb resolució atòmica. Utilitza tècniques conegudes com 'd'escombratge de túnel', associades a la mecànica quàntica. Conegut com STM, per les seves sigles en anglès.

Nanocàpsules

Normalment es descriuen com nanopartícules amb una cavitat a dins, on es poden afegir diferents tipus de substàncies com ara fragàncies, enzims, catalitzadors, altres nanopartícules o fins i tot cèl·lules. Tot i que ja hi ha tecnologies per al micro/nanoencapsulament d'alguns anys ençà, recentment s'han creat nanocàpsules polimèriques.

Nanòmetre

La mil·lionèsima part d'un metre.

Nanociència

Estudi dels fenòmens i manipulació dels materials a escales atòmica, molecular i macromolecular.

Nanopartícules

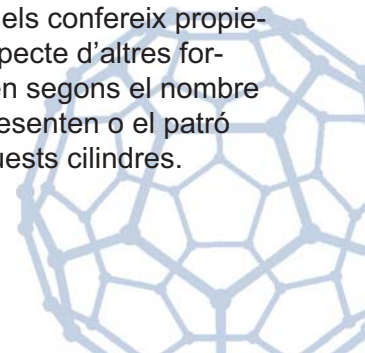
Partícules la grandària de les quals es troba, normalment per sota dels 100 nm. Pot argumentar-se que, per sota d'aquest llindar, les propietats del material del qual està formada la nanopartícula es modifiquen, donant lloc a propietats noves o millorades, segons la seva grandària, distribució, morfologia, etc.

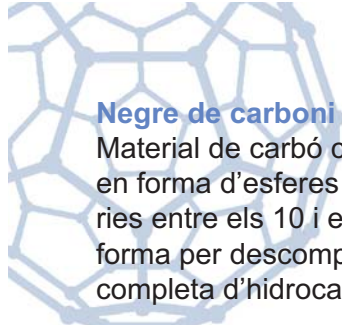
Nanotecnologia

Disseny, caracterització, producció i aplicació d'estructures, mecanismes i sistemes mitjançant el control de la forma i la grandària a escala nanomètrica.

Nanotubs de carboni

Els nanotubs de carboni (CNT, per les seves sigles en anglès) són petits cilindres formats per àtoms de carboni. La seva estructura els confereix propietats radicalment millorades respecte d'altres formes del carboni. Es classifiquen segons el nombre de cilindres concèntrics que presenten o el patró que segueixen les parets d'aquests cilindres.





Negre de carboni

Material de carbó col·loïdal fabricat industrialment en forma d'esferes i els seus agregats amb grandàries entre els 10 i els 100 nm. El negre de carbó es forma per descomposició tèrmica o combustió incompleta d'hidrocarburs.

Nutracèutics

Productes alimentaris que poden tenir beneficis per a la salut més enllà de la seva funció nutritiva bàsica, com la prevenció de malalties. Normalment, es presenten en forma de comprimits o complements, el que els diferencia dels 'aliments funcionals', que es consumeixen com a part d'una dieta normal.

Punts quàntics

Nanopartícules de material semiconductor. Contenen només una petita quantitat d'àtoms que, en excitar-los, poden emetre llum en diferents longituds d'ona, característica molt útil per al seu ús com a marcadors moleculars.

Sol-Gel

El procés sol-gel és una ruta química que permet fabricar materials amorfs i policristal·lins de manera relativament senzilla.

Supercondensadors

Sistema d'emmagatzemament d'energia caracteritzat per la seva elevada densitat d'energia i descàrrega ràpida. El material més comú utilitzat per als elèctrodes és el carboni nanoestructurat, i són especialment interessants per a aplicacions com a vehicles híbrids, o com a complement a les bateries en vehicles elèctrics.

Teràpia cel·lular

Trasplantament de cèl·lules vives a un organisme amb l'objectiu de reparar un teixit concret o de restaurar alguna funció perduda.

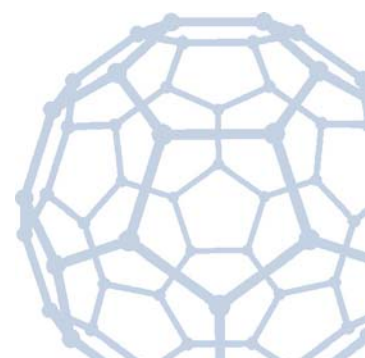
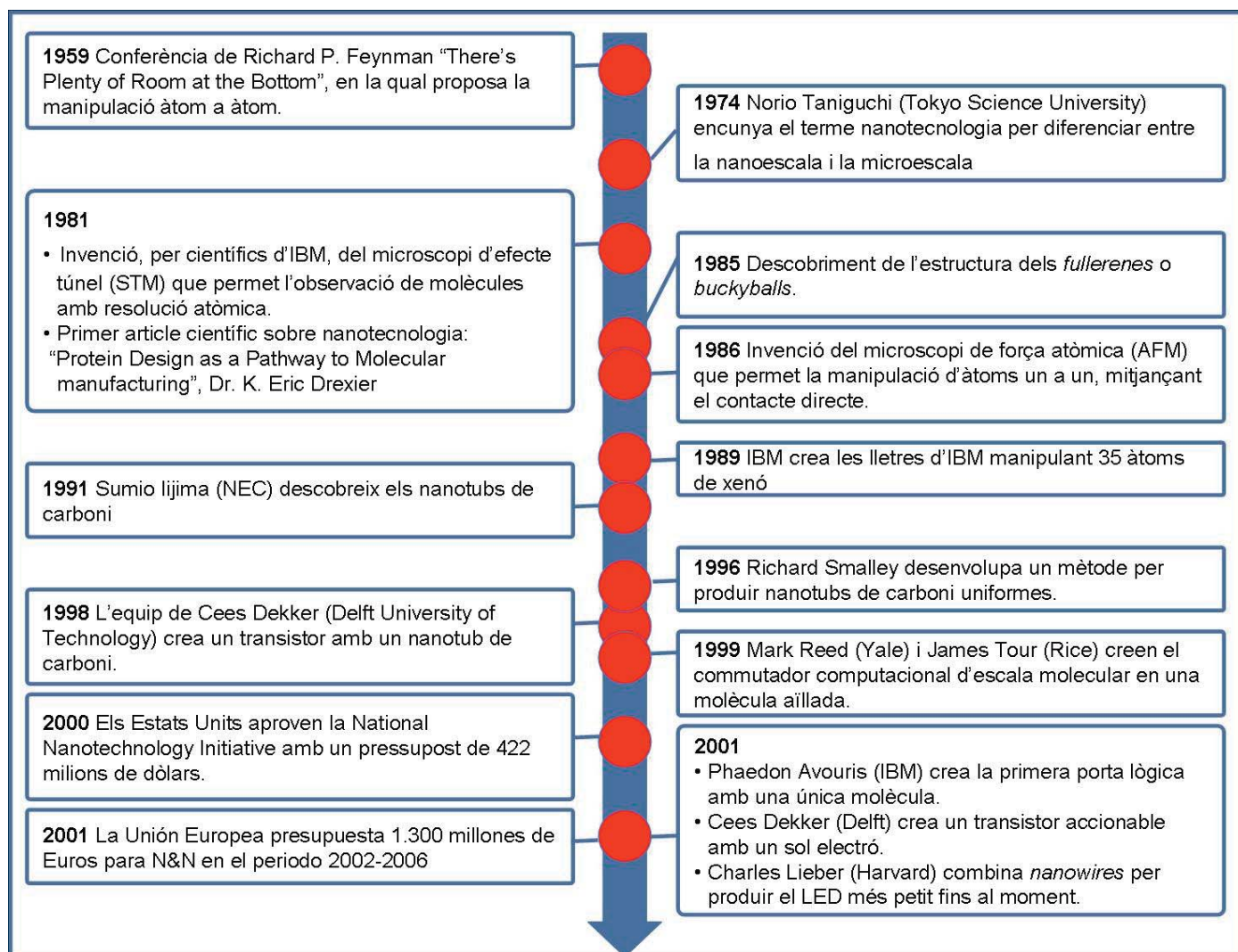
Termoelectricitat

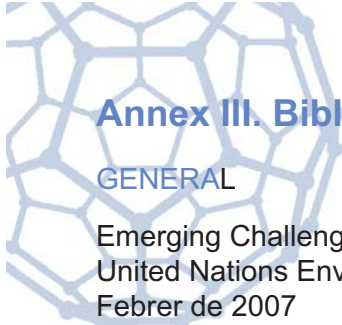
Els dispositius termoelectrics són sistemes d'estat sòlid que, generalment, consisteixen en la unió de dos materials amb distinta conductivitat tèrmica. Quan se sotmeten a un gradient de temperatura, el corrent flueix d'un material a l'altre, generant electricitat. Alternativament, l'aplicació d'un corrent elèctric pot resultar en refrigeració. Els seus principals avantatges són la grandària reduïda, la simplicitat i la inexistència de parts mecàniques.

Vascularització

Formació de nous vasos sanguinis o el reemplaçament dels lesionats en un teixit ja existent.

Annex II. Principals fets en N&N





Annex III. Bibliografia

GENERAL

Emerging Challenges. Nanotechnology and the Environment
United Nations Environment Programme
Febrer de 2007

La nanotecnologia - Innovacions per al món de demà
Comissió Europea, DG Investigació - Autor: Mathias Schulenburg
2004

Nanotechnology in Consumer Products
European Nanotechnology Gateway – Nanoforum - Autors: Michael Gleiche, Holger Hoffschulz, Steve Lenhert
Octubre de 2006

Profiting From International Nanotechnology
Lux Research - Autor: Michael W. Holman
Desembre de 2006

Roadmap Reports: Materials
Willems & van den Wildenberg Spain SL - Autors: Juan Pérez, Carles Escolano, Laszlo Bax.
Novembre de 2005

Royal Society and Royal Academy of Engineering
Report on nanotechnologies, 2004

Small sizes that matter: Opportunities and risks of Nanotechnologies
Allianz. Report in co-operation with the OECD International Futures Programme
Juny de 2005

The economic development of nanotechnology - An indicators based analysis
EC, DG Research, Unit 'Nano S&T - Convergent Science and Technologies'
Autora: Dra. Angela Hullmann
Novembre de 2006

Sizing Nanotechnology's Value Chain
Lux Research - Autor: Matthew M. Nordan
Octubre de 2004

SECTOR MEDICINA / BIOTECNOLOGIA

ESF Forward Look on Nanomedicine
European Science Foundation
Novembre de 2005

European Technology Platform on NanoMedicine. Nanotechnology for Health
Vision Paper and Basis for a Strategic Research Agenda for NanoMedicine
Autors: Patrick Boisseau, Costas Kiparissides, Alessandra Pavesio, Ottilia Saxl
Setembre de 2005

European Technology Platform on Nanomedicine. Nanotechnology for Health
Strategic Research Agenda for Nanomedicine
Novembre de 2006

Informe de Vigilancia Tecnológica. Nanomedicina
Fundación para el conocimiento madri+d - Autors: José Manuel González, Marta López, Gema Ruiz
2006

SWOT Analysis Concerning the Use of Nanomaterials in the Medical & Health Sector

SECTOR TÈXTEL

Applications and future of Nanotechnology in Textiles

Kumar Vikram Singh et al

Gener de 2006

Nanotechnologies for the Textiles Market

Científica

Autor: Tim Harper

Abril de 2006

SECTOR ALIMENTACIÓ

Down on the Farm. The Impact of Nano-scale Technologies on Food and Agriculture

ETC Group

Novembre de 2004

Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems

Department of Agriculture, United States

Setembre de 2003

Nanotechnologies in the Food Industry

Científica - Autor: Tim Harper

Agost de 2006

Nanotechnology in Agriculture and food

European Nanotechnology Gateway – Nanoforum

Autores: Tiju Joseph, Mark Morrison

Abril de 2006

Nanotechnology in the Food and Food Processing Industry Worldwide

Helmut Kaiser Consultancy

Primavera de 2004

SECTOR AUTOMOCIÓ

Roadmap Report Concerning the Use of Nanomaterials in the Automotive Sector

NanoRoadSME Project

Autores: Steinbeis-Europa-Zentrum, Syntens

Emerging products and Applications Using Nanotechnology in the Transport and Automotive Industry

AZoNanotechnology

www.azonano.com/details.asp?ArticleID=1655

Març de 2004

Nanocomposites Broaden Roles in Automotive, Barrier Packaging

PlasticsTechnology Online

<http://www.ptonline.com/articles/200110fa3.html>

Gener de 2001

SECTOR ENERGIA

Roadmaps for Nanotechnology in Energy

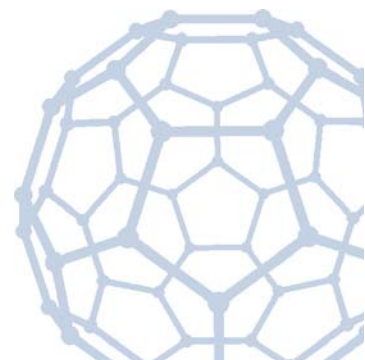
Institute of Nanotechnology, IoN

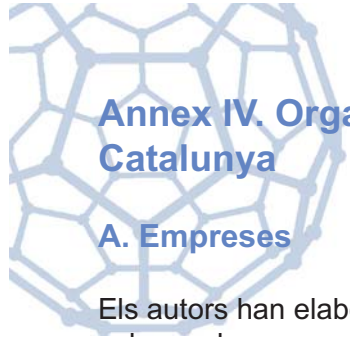
Setembre de 2006

Nanotechnology helps solve the world's energy problems

European Nanotechnology Gateway, Nanoforum.org

Desembre de 2003





Annex IV. Organitzacions amb activitats en nanociència / nanotecnologia a Catalunya

A. Empreses

Els autors han elaborat aquest llistat d'empreses basant-se en el coneixement de les activitats que desenvolupen, la seva participació en diverses xarxes i plataformes relacionades amb la N&N, o mitjançant referència explícita en articles i/o documents rellevants. Això no significa que pugui haver-hi empreses addicionals no considerades en aquest llistat:

- Activery Biotech SL (1)
- Addlink Software Científico SL (1)
- Advancell, Advanced in Vitro Cell Technologies SL (2)
- Alcon Cusi, SA (3)
- Aromics, Applied Research Using Omic Sciences SL
- Cidete Ingenieros SL (1)
- Cenavisa, SA (3)
- Cocali, Companyia Catalana de Liposomes, SL (3)
- Color Center SA
- Dogi International Fabrics SA
- Endor Nanotechnologies SL
- Laboratorios Almirall SA (2)
- Matgas 2000 AIE
- Merck Farma y Química SL (2)
- Novartis Farmacéutica SA (2)
- Oryzon Genomics SA (2)
- Rovalma SA
- SEPMAG Technologies SL
- Tallers Mecànics Comas SL

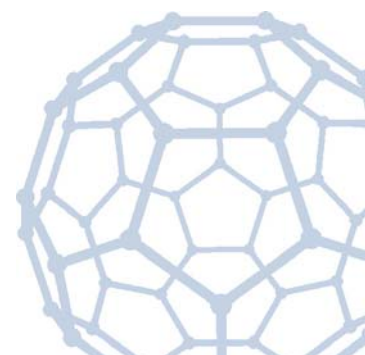
(1) Membres de la Xarxa NanoSpain, xarxa espanyola de nanotecnologia. <http://nanospain.org/nanospain.htm>

(2) Membres de la Plataforma Española de Nanomedicina. <http://www.nanomedspain.net>

(3) Segons l'informe de CIDEM, Biotech in Catalonia (maig 2005) www.cidem.com/publicacions

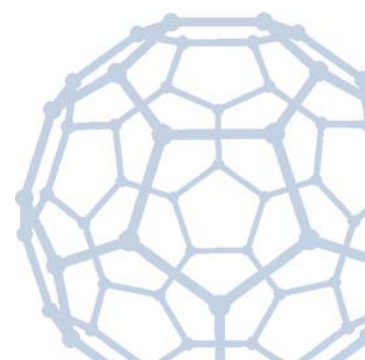
B. Centres tecnològics

INSTITUCIÓ	DEPARTAMENT	APLICACIONS NANOTECNOLOGIA	WEB
ASCAMM	n.d.	Nanocomposites (nanocomponents plàstics modificats amb plasma)	www.ascamm.es
Centre de Referència en Materials Avançats per a l'Energia (CeR-MAE)	n.d.	n.d.	n.d.
Centre Nacional de Microelectrònica i Institut Català de nanotecnologia	Quantum NanoElectronics Group	n.d.	n.d.
Centre Tecnològic de Manresa (CTM)	n.d.	Nanoestructuració intel·ligent d'aliatges metàl·lics	www.ctm.upc.es
CETEMMSA		Desenvolupament de nanotubs (amb el suport del Dept. Física Aplicada UB) i en processos de modificació de superfícies tèxtils via gas plasma	www.cetemmsa.es
ICFO (Institut de Ciències Fotòniques)	Nanofotònica Nanopartícules	Nanofotònica	www.icfo.es
Institut Català de Nanotecnologia		Nanobioteχνologia Nanoquímica Nanopartícules	www.nanocat.org
Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA)	Laboratory for Heterogeneous Catalysis	Nanomaterials Nanoquímica Nanopartícules	www.icrea.es
LEITAT		Nanocàpsules per a aplicacions en fibres tèxtils. Desenvolupament de noves fibres, funcionalització biomaterials i materials intel·ligents	www.leitat.com



INSTITUCIÓ	DEPARTAMENT	APLICACIONS NANOTECNOLOGIA	WEB
Institut de Ciències Fotòniques (ICFO)	Molecular Nanophotonics & Nanophotonics devices	Nanofotònica i nanofabricació	www.icfo.es
Universitat Autònoma de Barcelona	Bioanalytical Nanotechnology Cluster (BNC), Grup de sensors i biosensors	n.d.	http://sensors.uab.es/
Universitat Autònoma de Barcelona	Centre GTS. Departament de Química	Nanomedicina	http://einstein.uab.es/gts/
Universitat Autònoma de Barcelona	Departament de Física	n.d.	http://antalya.uab.es/dep-fisica/www/w_cat/portada/index.htm
Universitat Autònoma de Barcelona	Grup de circuits i sistemes electrònics	Nanofabricació	http://einstein.uab.es/ecas
Universitat Autònoma de Barcelona	Departament d'Enginyeria Electrònica	Nanoelectrònica, electrònica molecular, nanomaterials, nanomagnetisme	http://einstein.uab.es/suab72w
Universitat Autònoma de Barcelona	Nanoelectrònica	Nanoelectrònica, Nanomagnetisme	n.d.
Universitat Autònoma de Barcelona	Reliability and nanofabrication of micro and nanoelectronic devices	Nanoelectrònica, nanomaterials, SPM	n.d.
Universitat de Barcelona	Centre especial de recerca en bioelectrònica i nanobiociència (CBEN). Parc Científic de Barcelona	Nanobioteχνologia, SPM, nanofabricació	www.cben.ub.es
Universitat de Barcelona	CEMIC (Centre d'Enginyeria de Nanosistemes)	Nanomaterials i nanomedicina	www.cemic.ub.es
Universitat de Barcelona	CERETOX	Toxicologia	www.pcb.ub.es/homepcb/live/es/p2260.asp
Universitat de Barcelona	Departament d'Electrònica	Nanomaterials, nanopartícules i nanofabricació	www.el.ub.es
Universitat de Barcelona	Departament de Física Fonamental	Nanobioteχνologia, nanomagnetisme, nanopartícules, nanomaterials, SPM	www.ub.edu/ffn
Universitat de Barcelona	Departament de Química Física	Nanomaterials Nanopartícules	www.qf.ub.es
Universitat de Barcelona	DIOPMA	Centre de Disseny i Optimització de Nous Processos i Materials	www.diopma.com
Universitat de Barcelona	ELECTRODEP (Laboratori d'Electrodeposició i Corrossió)	Nanomaterials i Nanopartícules	www.ub.es/electrodep/cat/default.htm
Universitat de Barcelona	Estructura i Constituents de la Matèria (ECM)	Nanoelectrònica, nanomaterials, SPM	www.ecm.ub.es
Universitat de Barcelona	Física Aplicada i Òptica	Nanopartícules, nanofabricació, nanotubs	www.ub.es/fao
Universitat de Barcelona	Física i Enginyeria de Materials Amorfes i Nanoestructurats (FEMAN)	Nanopartícules, Nanotubs, Nanofabricació, Materials nanoestructurats	www.ub.es/feman
Universitat de Barcelona	Enginyeria i Materials Electrònics. Facultat de Física	Nanomaterials, Nanopartícules i Nanofabricació	n.d.
Universitat de Barcelona	Lab. de química orgànica. dept. farmacologia i Química Terapèutica. Facultat de Farmàcia	Nanotecnologia i nanoquímica	n.d.
Universitat de Barcelona	Laboratori de Magnetisme i propietats de Transport	Nanomagnetisme i nanopartícules	www.ub.es/ffn/Recerca/Transport.php
Universitat de Barcelona	Nonequilibrium small biosystems lab. Facultat de Física	Nanobioteχνologia	n.d.
Universitat de Barcelona	Plataforma de Nanotecnologia (Parc Científic de Barcelona)	Nanoestructures i dispositius. Disseny, fabricació i caracterització de plataformes nanofuncionalitzades Nanomedicina	www.pcb.ub.es/homePCB/live/ct/p905.asp
Universitat de Barcelona	Serveis Científicotècnics de la UB	Unitat de tècniques nanomètriques	www.sct.ub.es/v2/wcat/hom/hom_0000
Universitat de Barcelona	UBX Lab, laboratory for Magnetic Research	Nanomagnetisme, nanomaterials, nanopartícules	n.d.

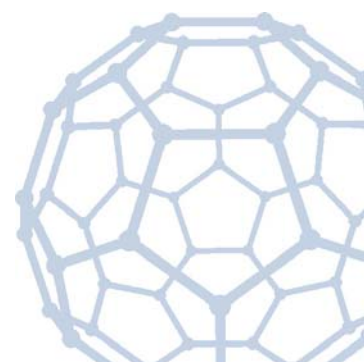
INSTITUCIÓ	DEPARTAMENT	APLICACIONS NANOTECNOLOGIA	WEB
Universitat de Barcelona	Unitat de Biofísica i Bioenginyeria	Nanobioteconologia	www.ub.wa/biofisica/es/intro_es.htm
Universitat de Girona	Física	Nanomaterials, nanopartícules i nanotubs	http://copernic.udg.es/
Universitat de Girona	Grup de Recerca en Materials i Termodinàmica. Escola Superior	Nanomaterials Nanopartícules Nanotubs	http://copernic/udg.es
Universitat Rovira i Virgili	Aplicacions Mediambientals i Industrials de la Catàlisi (AMIC)	Nanomedicina i Nanomaterials	www.etseq.urv.es/amic/c/index.html
Universitat Rovira i Virgili	Centre d'Innovació en Biotecnologia (DINAMIC)	Nanobioteconologia, nanoelectrònica i nanomagnetisme	www.etseq.urv.es/dinamic
Universitat Rovira i Virgili	Centre d'Innovació en Tecnologia Química (CiTQ)	Transferència de nanotecnologies. Nanofiltració	n.d.
Universitat Rovira i Virgili	Centre d'Innovació tecnològica en Desenvolupament de Catalitzadors per a processos Sostenibles (TecaT)	Catalitzadors actius, Nanoquímica i Nanobioteconologia	n.d.
Universitat Rovira i Virgili	Física i Cristal·lografia de Nanomaterials (FICNA-URV)	Nanopartícules, Nanomaterials i Nanoestructures	n.d.
Universitat Rovira i Virgili	Grup de Quimiometria, Qualimetria i Nanosensors	Nanotubs, nanoestructures. Desenvolupament de nanosensors	www.quimica.urv.es/quimio/cat/mainca
Universitat Rovira i Virgili	Enginyeria, Electrònica, Elèctrica i Automàtica	Nanoelectrònica, Nanotubs i Nanofotònica	http://sauron.etse.urv.es/DEEEA/
Universitat Rovira i Virgili	Enginyeria Química	Nanoquímica, Nanomaterials i Nanopartícules	www.etseq.urv.es/DEQ
Universitat Rovira i Virgili	Serveis de Recursos Científics i Tècnics (SCRT)	Eines de treball en nanotecnologia. AFM (Atomic Force Microscopy), STM (Scanning Tunneling Microscopy), TEM (Transmission Electron Microscopy), SEM (Scanning Electron Microscopy) i ESEM (Environmental Scanning Electron Microscopy)	n.d.
Universitat Politècnica de Catalunya	CRNE (Centre de Recerca en Nanoenginyeria)	Superfícies, Processos, Materials Tèxtils	www.upc.edu/crne
Universitat Politècnica de Catalunya	Física aplicada	Nanoquímica, Nanomaterials, Nanotubs	www-fa.upc.es
Universitat Politècnica de Catalunya	Metastable and Nanostructures Materials	Nanoquímica, Nanomaterials, nanotubs	n.d.
Universitat Politècnica de Catalunya	CD6	Medicina superficials a escala nanomètrica i subnanomètrica	www.cd6.upc.edu
Universitat Ramon Llull	Grup d'Enginyeria dels Materials de l'IQS	Nanoestructures, Nanocomposites, Nanomaterials	www.iqs.es/cat/html/con_idi_grupo3.asp



INSTITUCIÓ	DEPARTAMENT	APLICACIONS NANOTECNOLOGIA	WEB
Centre de Recerca en Nanociència i Nanotecnologia (CIN2)	n.d.	Nanopartícules, Nanoiònics, nanoòptics, Nanoestructures magnètiques, Nanobiosensors, nanotecnologies per a energia	n.d.
Centre Nacional de Microelectrònica (CNM)	Grup de Biosensors	Integració de microelectrònica amb nanotecnologia en nanolitografia. Desenvolupament de sistemes nanoelectromecànics.	www.cnm.es
Institut de Biologia Molecular de Barcelona (IBMB) (CSIC)	Grup de Química d'Àcids Nucleics	NanoBiotecnologia	www.ibmb.csic.es
Institut de Biologia Molecular de Barcelona (IBMB) (CSIC)	Departament de Genètica Molecular	Nanobiotecnologia	www.ibmb.csic.es
Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB)	Departament de Nanociència Molecular i materials orgànics. Centre de Nanotecnologia i Materials Moleculars . Laboratori de Materials Organics	Nanoquímica, Nanoelectrònica, Nanomaterials, Nanopartícules, Nanoestructures. Nanociència molecular i materials organics, Dispositius nanoscòpics per a ús en Electrònica Molecular	www.icmab.es
Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB)	Laboratori d'electroquímica d'Estat Sòlid. (Dept. Química de Estat Sòlid)	Nanoquímica, Nanomaterials, Nanopartícules	www.icmab.es
Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB)	Materials moleculars i supramoleculars	Nanoelectrònica, Electrònica Molecular, Nanotubs	www.icmab.es
Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB)	Molecular Simulation	Nanomaterials, Nanopartícules	www.icmab.es
Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB)	Electrònic Structure of Materials	Nanoelectrònica, Nanotubs	www.icmab.es
Institut d'Investigacions Químiques i Ambientals de Barcelona (IIQAB)	Tecnologia de tensoactius	Nanotecnologia en el camp de la química, Combinació de nanopartícules	www.iiqab.csic.es
Institut de Microelectrònica de Barcelona (IMB-CNM)	Laboratori d'Integració de nanotecnologies	Nanofabricació, Nanotubs	www.cnm.es

E. Altres

INSTITUCIÓ	DEPARTAMENT	APLICACIONS NANOTEC- NOLOGIA	WEB
Institut de Ciències Fotòniques (ICFO)	Nanofotònica	Nanoparticules, SPM, Nanofotò- nica	www.icfo.es



EDIFICI CIDEM

Passeig de Gràcia, 129
08008 Barcelona
Tel. 93 476 72 00
Fax 93 476 73 00

EDIFICI COPCA

Passeig de Gràcia, 94
08008 Barcelona
Tel. 93 484 96 27
Fax 93 484 96 66

www.acc10.cat