

DOCUMENT DE TREBALL

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS
REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
2003-2009
Nanociència i Nanotecnologia

Report elaborat sota la coordinació de Jordi Fraxedas i Francesc Pérez-Murano
Hi ha col·laborat Gemma Rius.

DOCUMENT DE TREBALL

Si teniu cap comentari, podeu adreçar-vos a or@iec.cat

Barcelona, setembre 2012

Report de la Recerca en Nanociència i Nanotecnologia

Sumari

Abreviacions	3
Resum	5
1. Introducció	6
1.1. Context en infraestructures i polítiques científiques en Nanotecnologia	9
1.2. Context de la Nanotecnologia a Catalunya	10
1.3. Estructura de l'informe i metodologia	11
2. Entitats i grups de recerca del sector públic	13
2.1. Anàlisi del grups: nombre, activitat i distribució	14
3. Producció científica	16
3.1. Articles d'investigació	16
3.2. Tesis doctorals	19
4. Finançament	20
5. Activitat industrial i sector privat	22
6. Conclusions	25
Fonts consultades	27
Annex 1. Grups de recerca consolidats (convocatòries SGR 2005 i SGR 2009)	29
Annex 2 (a). Empreses catalanes participants a les jornades AIN	31
Annex 2 (b). Altres empreses catalanes de creació recent relacionades amb la Nanotecnologia	32

DOCUMENT DE TREBALL

Abreviacions

AFM	Atomic Force Microscope
CERCA	Centres de Recerca de Catalunya
CIN2	Centre d'Investigació en Nanociència i Nanotecnologia
CSIC	Consell Superior d'Investigacions Científiques
ENIAC	European <i>Technology Platform</i> for Nanoelectronics
EPO	European Patent Office.
EUA	Estats Units d'Amèrica
FP	Framework Program
IBEC	Institut de Bioenginyeria de Catalunya
ICFO	Institut de Ciències Fotòniques
ICIQ	Institut Català d'Investigació Química
ICN	Institut Català de Nanotecnologia
ICREA	Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats
IREC	Institut de Recerca en Enginyeria de Catalunya
NMP	Knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices
NNI	National Nanotechnology Initiative
OEPM	Oficina española de Patentes i Marcas
PACS	Physics and Astronomy Classification Scheme
PCB	Parc Científic de Barcelona
SGR	Suport a Grups de Recerca
STM	Scanning Tunnelling Microscope
TECNIO	Tecnologia diferencial, d'innovació empresarial i d'excel·lència en gestió.
UAB	Universitat Autònoma de Barcelona
UB	Universitat de Barcelona
UE	Unió Europea
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya

DOCUMENT DE TREBALL

URL	Universitat Ramon Llull
URV	Universitat Rovira i Virgili
0D	Zero-dimensional
1D	Unidimensional
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional

Resum

Aquest report analitza les accions i activitats dutes a terme a Catalunya en relació a la recerca en Nanociència i Nanotecnologia durant el període 2003-2009. Aquest període ha estat una etapa capital, ja que s'han establert unes bases prou sòlides, tot i que millorables, per a la consolidació d'aquesta activitat de caire científic-tecnològica. L'augment en el nombre de grups de recerca involucrats en Nanociència i Nanotecnologia n'és una prova, donant lloc a una evolució positiva de la competitivitat de la recerca feta a Catalunya. Aquest augment ha estat proporcionat, en gran mesura, per les accions governamentals específiques dutes a terme, especialment la creació de centres de recerca de la Generalitat de Catalunya, així com accions específiques per part de les Universitats i del Consell Superior d'Investigacions Científiques.

La Nanociència i la Nanotecnologia tenen un caràcter intrínscament transversal, propietat que dificulta la identificació i classificació de tots els actors i activitats relacionades. Conscients d'aquesta qüestió, els autors d'aquest report hem definit una metodologia basada en l'utilització de bases de dades amb criteris de recerca específics, completada amb el nostre coneixement del teixit científic del país. Tot i que pot haver-hi absències, la sistemàtica utilitzada garanteix que la part més significativa de la recerca quedi reflectida en el present estudi.

La conclusió principal és que durant el període 2003-2009 el nivell científic assolit és altament competitiu, quantificat per articles publicats en revistes d'alt índex d'impacte, propiciat en bona mesura per accions concretes de finançament de la recerca. En quant a transferència de tecnologia, tot i que l'activitat ha estat més aviat reduïda, es comença a reflectir un increment que sens dubte serà rellevant en el següent període. Aquesta tendència positiva de l'activitat de recerca en Nanociència i Nanotecnologia és d'espera que progressi si les inversions són les adequades i si el teixit industrial hi participa. La tecnologia associada és d'alt valor afegit que precisa de personal altament qualificat, i ha de ser un pilar per una societat catalana moderna basada en el coneixement.

1. Introducció

El prefix nano indica la reducció de nou ordres de magnitud de la unitat de mesura en consideració. Així un nanòmetre (nm) equival a 10^{-9} metres, és a dir la mil·lionèsima part d'un metre i un nanosegon (ns) equival a 10^{-9} segons. Les àrees anomenades Nanociència i Nanotecnologia estan associades a dimensions nanomètriques, però no necessàriament a d'altres paràmetres físics (temps, energia, etc.) on també les magnituds fan que les unitats portin el prefix nano.

El terme Nanotecnologia s'utilitza habitualment per referir-se tant a la Nanociència com a la Nanotecnologia, entenent que les dues àrees estan fortament relacionades, i en aquest report utilitzarem el terme Nanotecnologia seguint aquesta convenció.

Pot sorprendre que encara no existeixi una definició universalment acceptada de la Nanotecnologia, però això és degut a la seva irrupció relativament recent (aproximadament uns 30 anys) i al dinamisme que continua generant, la qual cosa fa que aquest camp estigui en permanent evolució. Segons la National Nanotechnology Initiative dels Estats Units d'Amèrica (EUA), un programa de recerca i desenvolupament federal creat el 2000 per coordinar diferents agències en l'àrea de la Nanotecnologia, la Nanotecnologia involucra la comprensió i control de la matèria en dimensions aproximadament entre 1 i 100 nm.

En aquestes dimensions la matèria es pot comportar de manera diferent a la que ho fa en dimensions superiors, la qual cosa implica cert potencial per al desenvolupament de noves aplicacions. Aquest interval en termes de mida de la matèria es pot considerar la frontera entre els àtoms i molècules individuals i agregats constituïts per menys de 10^6 àtoms o molècules. El que està implícit en aquesta definició, i que cal remarcar, és que

DOCUMENT DE TREBALL

al menys una de les tres dimensions espacials ha d'acomplir aquesta restricció. Aquest límit superior de 100 nm no cal ser considerat com a estricte, sinó que dóna un ordre de magnitud de referència.

Els nano-objectes els podem classificar en funció de la seva dimensionalitat. Així, àtoms i molècules individuals i nanopartícules entrarien dintre dels objectes zero-dimensionals (0D) perquè les seves tres dimensions estan per sota dels 10 nm. Els nanotubs, així com d'altres objectes unidimensionals (1D), per exemple, els nanofils, posseeixen un sola dimensió que sol ser superior als 100 nm. El cas bidimensional (2D) inclou les superfícies i intercares, amb una sola dimensió nanomètrica. Finalment aquells objectes les tres dimensions espacials dels quals estan al voltant de 100 nm es consideren tridimensionals (3D). Els representants més rellevants d'aquesta darrera família són els virus. Cal remarcar la diferència entre els sistemes 0D i 3D, on hi ha un ordre de magnitud de diferència.

Més important que la dimensió espacial en sí, és la funcionalitat dels objectes, en especial, quan aquesta és diferent de la dels objectes amb dimensions micro o macromètriques. Un exemple paradigmàtic el constitueixen les nanopartícules. Emulsions o dispersions de nanopartícules, en funció del seus diàmetres, exhibeixen colors diferents, el qual és molt diferent del color del material no nanoestructurat. Un altre exemple rellevant correspon als biosensors. Molts dels dispositius biosensors són de mida micro/mil·limètrica, però la seva funcionalitat depèn de fenòmens que succeeixen a les intercares actives, i per tant s'inclourien a la categoria dels objectes nanomètrics 2D.

El marc de treball de la nanotecnologia segons la definició discutida anteriorment inclou camps de recerca que han sorgit de la capacitat de caracteritzar i manipular la matèria a escala nanomètrica, utilitzant sovint tècniques, mètodes i instruments nous, però de la mateixa manera inclou també camps tradicionalment ja existents. En aquest darrer cas, sense variar substancialment la seva metodologia, la seva evolució els ha portat a

DOCUMENT DE TREBALL

considerar el comportament i propietats de la matèria a dimensions nanomètriques com a element fonamental d'estudi.

Aquests aspectes fan de la nanotecnologia un camp molt multidisciplinari i transversal, però alhora dificulta la classificació de les activitats segons les divisions clàssiques o consolidades (física, química, biologia, etc.), amb el risc de deixar-ne fora algunes. Alguns exemples ens ajudaran a aclarir aquest punt. Objectes molt estudiats i utilitzats durant decennis tals com capes fines, heteroestructures, superxarxes, etc. no eren classificats com estructures nanomètriques abans de l'eclosió nano, però en canvi avui en dia sí ho són. L'àcid desoxiribonucleic (ADN) és un objecte intrínsecament nanomètric (1D), però no se l'ha considerat com a tal fins que no s'ha pogut mesurar de forma individual, aïllat¹. El mateix es pot aplicar a les proteïnes, enzims, etc. que tenen caràcter 3D. Aquestes biomolècules es poden considerar des de l'àrea de la biologia, com tradicionalment s'ha fet, o dintre de la nova subàrea de la nanobiologia. Aquesta dicotomia o indefinició també s'aplica a la nova disciplina de la nanomedicina, també coneguda com nanobiomedicina.

Un indicador que la Nanotecnologia encara no ha trobat el seu lloc dintre de les grans àrees de coneixement tradicionals ens el donen els esquemes internacionals de classificació PACS i la de la UNESCO. PACS correspon a l'acrònim Physics and Astronomy Classification Scheme del American Institute of Physics, establert sota un criteri centrat en la física i astronomia. A l'any 2010 es va publicar el suplement incloent els temes nano dintre de les nou grans divisions, incorporant un total de 200 noves subdivisions. Sorprenentment, el terme nano no apareix en cap camp de la classificació de la UNESCO de les àrees de ciència i tecnologia, tot i existir diferents documents elaborats específicament per aquest organisme sobre Nanotecnologia.

¹ Veure per exemple: Carlos Bustamante, Zev Bryant i Steven Smith. Ten Years of tension: single-molecule DNA mechanics. Nature 421, 421-425 (2003)

1.1. Context en infraestructures i polítiques científiques en Nanotecnologia

La creació l'any 2000 de la National Nanotechnology Initiative als EUA va suposar un estímul crucial per incentivar la dedicació de recursos per la recerca en Nanotecnologia, no només als EUA sinó també a la resta dels països desenvolupats.

La UE ha finançat parcialment el desenvolupament nanotecnològic essencialment a partir del Programa Marc 6 (Framework Program, FP6), amb la creació de la prioritat temàtica NMP (Nanotechnologies and nanosciences, knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices), i amb un pressupost de 1.429 M€ en el període 2002-2006. Aquesta prioritat s'ha estès al FP7, dintre de la categoria de Cooperació, amb un pressupost total de 3.500 M€ pel període 2007-2013. El terme nano apareix explícitament a NMP, però no així a d'altres àrees com les referents a les tecnologies de la informació i comunicació (TIC), energia, salut, etc., on també es financen projectes relacionats amb l'activitat nano. Existeixen també plataformes amb participació tant d'organismes públics com privats, tals com European Technology Platform for Nanoelectronics (ENIAC), amb participació de la UE, focalitzada a la nanoelectrònica. En paral·lel, nombrosos països europeus han endegat de forma individual durant aquest període programes específics de finançament de la recerca en Nanotecnologia, aportant habitualment un nivell de recursos força superior al provinent dels fons europeus i permetent la creació de noves instal·lacions i infraestructura.

A l'Estat espanyol es va dur a terme, durant el període 2004-2007 la Acció Estratègica en Nanociència y Nanotecnología (AENN), amb 7 objectius temàtics definits. Aquesta iniciativa va suposar una important injecció econòmica per a diversos grups de recerca que van poder així iniciar la seva activitat de manera estable. Malauradament aquesta iniciativa no va tenir continuïtat i el finançament en recerca nano s'ha integrat dintre dels esquemes tradicionals del Plan Nacional de I+D.

1.2. Context de la Nanotecnologia a Catalunya

A Catalunya, l'activitat en Nanotecnologia es beneficia de la reorganització general portada a terme de 2000 a 2003 per la Conselleria d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya. Es dinamitza el panorama científic mitjançant la creació de fundacions sense ànim de lucre que faciliten la creació de nous instituts de recerca, tals com l'Institut Català de Nanotecnologia (ICN). Amb aquest es signa un conveni de col·laboració (creació d'un centre mixt) amb el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que dóna lloc al Centre de Recerca en Nanociència i Nanotecnologia (CIN2). Així mateix, es crea l'any 2001 la Fundació ICREA, acrònim de la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, amb l'objectiu d'estimular el creixement de la recerca d'alt nivell a Catalunya mitjançant la contractació de científics de notable talent.

A l'àmbit de la recerca en Nanotecnologia, aquestes accions i d'altres han marcat l'activitat científica de manera decisiva. El període 2003-2009 és especial, car inclou el començament de les activitats a Catalunya des d'un punt de vista formal amb la creació d'Instituts de Recerca que realitzaran activitat en aquesta àrea, promoció mitjançant la creació de beques, iniciatives com NanoAraCat per possibilitar col·laboracions entre investigadors d'Aragó i Catalunya, etc. Dels instituts creats, a banda del ICN-CIN2, cal destacar l'Institut Català d'Investigació Química (ICIQ), l'Institut de Ciències Fotòniques (ICFO), l'Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC) i Institut de Nanociència i Nanotecnologia (IN2UB) de la Universitat de Barcelona (UB). La ubicació de l'IBEC al Parc Científic de Barcelona (PCB) afavoreix que la seva recerca es desenvolupi en un entorn amb una elevada activitat en ciències de la vida i de la salut. L'IBEC inclou el Laboratori de Nanobioenginyeria i la Plataforma de Nanotecnologia, que ofereix serveis de nanofabricació, nanomanipulació, anàlisi i caracterització.

DOCUMENT DE TREBALL

A més, en aquest període és quan se'n recullen els primers fruits en termes de producció científica portada a terme en centres de recerca i universitats de Catalunya com a conseqüència de l'activitat començada anys abans per iniciativa de grups de recerca pioners.

Aquest report ha estat elaborat durant l'any 2012, amb la perspectiva no inclosa de l'activitat portada a terme en els anys 2010, 2011 i 2012, quan es confirma la tendència a l'alça en quant a producció i qualitat científica. Una altra característica a destacar és que el període 2003-2009 està emmarcat dintre d'un context econòmic favorable, que va propiciar el finançament generós d'activitats de recerca científica. El futur informe, basat en l'activitat a partir de l'any 2010, haurà de tenir en compte el cicle econòmic recessiu que està afectant de forma especialment negativa el desenvolupament de l'activitat científica en centres ja consolidats degut a la reducció molt significativa d'iniciatives i recursos, i caldrà avaluar si s'haurà produït un retrocés.

Aprofitem l'oportunitat que un document d'aquestes característiques ofereix, en tant que possibilita la reflexió objectiva, per insistir que un país que es vol modern i amb futur difícilment ho pot assolir si no inverteix de manera adequada i sostinguda en recerca científica i tecnològica capdavantera. L'esforç de formació de personal altament qualificat es pot veure esquinçat per la marxa d'aquest personal cap a d'altres països millor preparats i per la manca de continuïtat, debilitant una de les columnes en les quals s'hauria d'assentar el present i futur de Catalunya.

1.3. Estructura de l'informe i metodologia

El caràcter transversal i multidisciplinari de la Nanotecnologia dificulta el recull exhaustiu de dades per obtenir una visió completa de l'activitat de recerca en Nanotecnologia, en aquest cas, a Catalunya. En aquest report, hem procedit de la següent manera. En primer lloc, hem identificat els grups de recerca actius en Nanotecnologia en base al llistat de grups que han aconseguit la denominació de grups

DOCUMENT DE TREBALL

SGR a les convocatòries d'ajuts per donar suport a les activitats dels grups de recerca de Catalunya, anys 2005 i 2009. D'aquesta manera, obtenim la distribució de l'activitat de recerca en Nanotecnologia segons les àrees geogràfiques, la temàtica específica i tipologia de les institucions de recerca. No hem analitzat en detall els recursos humans implicats (nombre d'investigadors, grup i categories laborals, etc.), així com el seu nivell educatiu (doctors, enginyers, estudiants de doctorat/màster, etc.).

Seguidament, per a l'avaluació bàsica de la producció científica ens centrem en una compilació i anàlisi quantitatiu de les publicacions en revistes científiques, així com les tesis doctorals. Per a la consulta en revistes, s'ha utilitzat una única base de dades, Thomson Reuters, i usat un criteri ampli, però específic (nano). Com la paraula Catalunya no s'acostuma a especificar en les adreces d'afiliació, aquest identificador no pot ser usat com a paràmetre de cerca. Per aquest motiu, usem el criteri geogràfic per ciutats resultant del recull descrit en la secció anterior. El llistat de treballs de doctorat en Nanotecnologia prové del buidat del llistat general proporcionat per l'Observatori de Recerca de l'IEC.

No té lloc en aquest informe una avaluació estricta i exhaustiva en termes d'excel·lència investigadora, de manera que no abordem la determinació i anàlisi dels actors específics que la duen a terme. Dit d'una altra manera, no es realitza un rànquing de grups ni investigadors individuals. Tanmateix, incloem un breu apunt en termes de qualitat mitjançant l'anàlisi de les revistes on més es publica i l'impacte, variables que pensem que poden ser útils de saber i tenir en compte en el moment d'analitzar l'evolució de la qualitat de la recerca en Nanotecnologia els propers períodes.

En tercer lloc, compilem els recursos econòmics destinats a recerca en Nanotecnologia a Catalunya. La inversió prové de fonts públiques europees, nacionals, autonòmiques i regionals. Aquesta té una correspondència directa amb l'escenari descrit a la introducció sobre les accions resultants de les diverses polítiques científiques governamentals, donada l'absència de fundacions o inversió privada, abocada a les universitats o centres

DOCUMENT DE TREBALL

de recerca, en el període 2003-2009. Convé tenir present que les fonts de finançament de les que es nodreixen els grups de recerca en Nanotecnologia a Catalunya són diverses, i per tant només hem analitzat les convocatòries on més concurrència de propostes hi ha. Per últim, esbossem l'activitat de recerca en el sector industrial i privat. Com es podrà observar, el període 2003-2009, la major part de recerca en Nanotecnologia és de caire fonamental i tot just comença ara a tenir rellevància industrial.

2. Entitats i grups de recerca del sector públic

Per definir l'activitat de recerca en Nanotecnologia a Catalunya durant el període 2003-2009, hem procedit, en primer lloc, a identificar els grups de recerca actius en aquesta àrea. Els grups de recerca estan adscrits a tres tipus d'institucions: Universitats, CSIC i centres CERCA.

Una de les característiques principals de l'àrea de Nanotecnologia és la seva transversalitat, en el sentit que abasta varies de les àrees tradicionals del coneixement (química, física, biologia, etc). És per aquesta raó que fer una identificació exhaustiva i alhora acurada dels grups de recerca actius en Nanotecnologia no és possible sota un únic criteri, com sí es podria donar en altres col·lectius actius estrictament en temàtiques dins d'àrees tradicionals de classificació.

Per tal d'incloure una activitat científica concreta o un grup com a pertanyent a l'àrea de Nanotecnologia hem seguit un criteri múltiple, consistent en què compleixi com a mínim una de les següents condicions: que els membres del grup de recerca o participants a l'activitat es considerin de l'àrea, que consti el terme (prefix) nano- en el seu nom o continguts, o bé que els autors d'aquest informe coneguin que s'inclou en alguna de les definicions de l'àrea tal i com han estat descrites a la introducció d'aquest report.

2.1. Anàlisi del grups: nombre, activitat i distribució

En primer lloc, convé tenir present que part de l'activitat d'un nombre considerable d'aquests grups es pot emmarcar també en alguna o vàries de les altres àrees de coneixement (química, física, enginyeria, etc).

La següent taula, mostra el nombre de grups SGR identificats de les convocatòries 2005 i 2009, amb 31 i 52 grups, respectivament.

Taula 1. Nombre de grups SGR censats a les convocatòries 2005 i 2009

És remarcable que l'augment de grups de recerca amb activitat en Nanotecnologia ha estat del 67,7 %, xifra superior a l'augment global de grups de recerca SGR a Catalunya. D'aquesta manera passa a representar gairebé el ~10 % entre el total de grups de recerca a Catalunya. En global, i assumint un nombre promig de 15 investigadors per grup de recerca, obtenim que l'any 2009 hi ha a Catalunya al voltant de 750 investigadors amb activitat en Nanotecnologia a la fi del període considerat.

Si bé part dels nous grups que han començat activitat en Nanotecnologia a Catalunya són grups pertanyents a alguna de les universitats catalanes, l'augment més significatiu ha estat provinent de grups adscrits a centres de recerca, bé sigui de centres del CSIC ubicats a Catalunya com, sobretot, dels centres de recerca nous creats per la Generalitat de Catalunya (centres CERCA: ICN, IBEC, ICFO i ICIQ). Això es pot veure reflectit a la Taula 2.

Taula 2. Distribució de grups SGR de les convocatòries 2005 i 2009 per tipus d'entitat

En base als grups identificats, s'ha procedit a analitzar quines són les principals àrees d'activitat en Nanotecnologia a Catalunya. Les figures 1 i 2 mostren una classificació dels grups d'acord amb les àrees tradicionals de coneixement, i també, en funció del

DOCUMENT DE TREBALL

principal objecte de la seva recerca, segons un punt de vista tecnològic. El caire transversal i multidisciplinari de la Nanotecnologia fa que els grups sovint s'encabeixin a més d'una de les àrees de coneixement, i tinguin més d'un objecte d'estudi, però serveix per esbossar les principals línies de recerca de la Nanotecnologia a Catalunya.

S'observa una inclinació cap a àrees de caire fonamental (química i física), juntament amb l'activitat molt important en ciència de materials. Respecte als objectes d'estudi, la distribució reflecteix una dualitat entre les activitats de caire més continuïstes com a complement de disciplines tradicionals (dispositius, i monocapes i interfases, principalment conduïda per grups involucrats en desenvolupament de sensors) i els nous paradigmes de la nanotecnologia (nanopartícules, nanotubs, instrumentació).

Figura 1. Distribució dels grups SGR 2009 en funció de l'àrea de coneixement

Figura 2. Nombre de grups SGR 2009 en funció de l'objecte d'estudi

La lectura de la distribució geogràfica dels grups mostra l'existència de dos nuclis entre els què es concentra més del 85 % del total. Concretament, 25 grups es troben al campus de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), i 20 grups a la zona universitària de la ciutat de Barcelona UB-Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), 5 grups a Tarragona, de la Universitat Rovira i Virgili (URV) i ICIQ, i 2 grups a Castelldefels (ICFO).

Taula 3. Distribució geogràfica de grups SGR actius en Nanotecnologia a les convocatòries 2005 i 2009

Per àrees de coneixement, a Bellaterra es troben la major part de grups amb activitat en nanomaterials i a la zona de Barcelona és on es concentren la major part de grups amb activitat en nanobiomedicina

3. Producció científica

3.1. Articles d'investigació

El recompte de publicacions científiques en Nanotecnologia a Catalunya durant el període 2003-2009 es quantifica en 2.446 articles en revistes internacionals, els quals han rebut aproximadament un total de 43.000 citacions en consulta del dia 20 de Febrer de 2012. Per a la consulta, s'ha utilitzat la plataforma bibliomètrica ISI-WOK de Thomson Reuters, sota un criteri de nomenclatura (Topic=nano*) més un criteri de localització geogràfica a ciutats de Catalunya.

Tot i que aquest criteri no és exhaustiu ni completament específic a l'hora de determinar articles de la temàtica nano, hem comprovat, a partir de la selecció dels 500 articles més citats, que és suficientment acurat per a determinar les tendències i possibilitar comparacions amb altres regions/països.

El gràfics de les figures 3 i 4 mostren el nombre de publicacions per cada any a Catalunya, Dinamarca, Suïssa i Suècia, així com aquelles adscrites a la Comunidad de Madrid. Es registra un creixement, de ritme aproximadament constant, en el nombre d'articles per els cinc casos considerats.

Figura 3. Nombre d'articles de tòpic nano* en funció de l'any de publicació, i per diferents països incloent la comunitat de Madrid

Figura 4. Factor d'increment en el nombre d'articles publicats per any normalitzats respecte al nombre d'articles publicats l'any 2003

Països com Suïssa o Suècia presenten una producció neta superior a la de Catalunya, però no així Dinamarca, amb qui Catalunya presenta una producció semblant en els anys 2003-2004, però superior a partir del 2005. És destacable que l'augment relatiu de

DOCUMENT DE TREBALL

publicacions per any a Catalunya és superior a la de la resta dels països, especialment durant la segona meitat del període 2003-2009.

Aquest increment superior del ritme de publicació al llarg dels anys també és característic de la resta de context de l'Estat espanyol, excepte respecte a la Comunidad Autónoma de Madrid, que tindria una evolució semblant a la de Suïssa i Dinamarca. Aquesta tendència compartida a nivell global a Espanya pot ser producte de les accions (basades en el model ICREA) empreses a diverses comunitats espanyoles per part dels governs autonòmics (Aragó, País Basc i Galícia, principalment) i que han tingut un clar efecte dinamitzador.

Considerant l'impacte de la producció científica en el global del període 2003-2009, Catalunya té un factor h de 83, inferior si el comparem amb d'altres països i regions. Com el factor h augmenta amb el nombre total d'articles i, per tant, no és directament comparable per a volums de publicacions diferents, hem analitzat també la mitjana de citacions per article. En el cas de Catalunya (veure figura 5), resulta ser de 18 citacions per article, xifra lleugerament inferior a la resta de països.

Figura 5. Factor h i cites/articles per Catalunya i diversos països europeus. S'han considerat tots els articles del període 2003-2009 i el nombre de cites a data 20 de febrer de 2012

Considerant les dades de producció científica de les regions abans esmentades modulades en base al factor de població per a cadascuna de les anualitats identifiquem els següents aspectes (veure figura 6). Per una banda, mentre que la població catalana és comparable a la de Suïssa, el nombre de publicacions per milió d'habitants d'aquesta és aproximadament el doble. Per altra banda, és comparable tant amb la de països amb més població (Suècia) com menys població (Dinamarca) especialment en els darrers anys del període analitzat (2008-2009).

DOCUMENT DE TREBALL

Com a nota de referència global i general, l'Estat espanyol es troba en el 11è lloc mundial en termes de citacions incloent totes les àrees de recerca científica, i la sisena a Europa, just per darrera d'Holanda i per davant de Suïssa (en dades del període 2001-11, segons Thomson Reuters). Cal tenir en compte que l'activitat de Suïssa és especialment alta a l'àrea de la nanotecnologia: el descobriment d'una eina cabdal per la Nanotecnologia com és el microscopi d'efecte túnel (Scanning Tunneling Microscope, STM) va tenir lloc a Suïssa l'any 1981. El seus inventors, G. Binnig i H. Rohrer, van rebre el Premi Nobel de Física l'any 1986 pel desenvolupament d'aquesta tècnica. Al mateix any es va inventar el microscopi de forces atòmiques (AFM de l'anglès Atomic Force Microscope), una altra eina imprescindible per l'eclosió de la Nanotecnologia, i que va comptar amb la participació de G. Binnig.² En relació amb aquest fet, la forta tradició a Madrid en física de superfícies, gràcies a l'escola creada per Nicolás Cabrera, va fer que les tècniques STM s'implementessin ràpidament a Madrid primerament i després a Catalunya. L'activitat en Nanotecnologia a Catalunya no només no ha quedat al marge sinó que juga a l'actualitat un paper capdavanter a Espanya i rellevant a nivell europeu.

Figura 6. Nombre d'articles amb temàtica nano per milió d'habitants en funció dels anys i per diversos països

Com a avaluació complementària de l'impacte de la recerca i a mode d'exemple, en el període 2004-2009 i en base als articles publicats amb afiliació a Catalunya incloent el tòpic nano, dels 2446 articles localitzats les deu revistes on més s'ha publicat són (taula 4).

Taula 4. Comparació del rànquing de les revistes pels articles més citats a Catalunya amb el de tot el món (període 2003-2009)

² C. Gerber i H. P. Lang, How the doors to the nanoworld were opened, *Nature Nanotechnology* 1, 3-5 (2006)

DOCUMENT DE TREBALL

El nombre total d' articles publicats en aquestes 10 revistes suposa aproximadament el 22 % del total. De les 10 revistes on més es publica a nivell mundial, pel que respecta a les publicacions d'investigadors catalans hi manquen el Journal of the American Chemical Society (Posició 11 a Catalunya), Nanoletters (Posició 15 a Catalunya) i Journal of Nanoscience and Nanotechnology (Posició 19 a Catalunya).

Analitzem també les revistes on s'han publicat els 100 articles més citats. A les taules 5 i 6 es mostren els rànquings de revistes dels 100 articles més citats del món i Catalunya, respectivament.

Taula 5. Rànquing de revistes pels 100 articles més citats (món)

Taula 6. Rànquing de revistes pels 100 articles més citats (Catalunya)

D'aquestes dades es desprèn la dificultat per publicar a les revistes de més impacte (Science i Nature). Convé mencionar aquí que la rellevància internacional de la recerca en Nanotecnologia a Catalunya ha anat augmentat en els darrers anys: creiem que la realització del mateix anàlisi d'impacte de les publicacions científiques en properes edicions del report mostrarà un canvi de tendència en aquest sentit.

3.2 Tesis doctorals

En base a les dades subministrades per l'Observatori de Recerca, un total de 183 tesis relacionades amb la temàtica de la Nanotecnologia varen ser defensades en el període 2003-2009 a Catalunya. S'han destriat en base al títol de la memòria, sigui per perquè contenen el prefix nano explícitament o per la temàtica que se'n desprèn. La tendència clara al llarg dels anys analitzats és d'increment significatiu del nombre de tesis, triplicat al 2009 respecte del 2003.

DOCUMENT DE TREBALL

El 90% han estat realitzades a l'àrea del Barcelonès-Vallès. Per lloc de realització, es distribueixen majoritàriament al nucli ubicat a la ciutat de Barcelona format per la UB i la UPC, i al campus de la UAB. Mentre que el nombre de tesis és constant pel nucli UB-UPC, la UAB registra un augment molt notori que pot relacionar-se amb la creació de l'ICN i l'augment de grups de recerca del CSIC amb activitat en Nanociència i Nanotecnologia.

Taula 7. Distribució de les tesis doctorals de temàtica relacionada amb la Nanotecnologia

4. Finançament

El finançament en Nanotecnologia per als grups de recerca del sector públic prové principalment de tres fonts: plans de recerca de la Generalitat de Catalunya (III Pla de Recerca de Catalunya 2001-2004 i Pla de Recerca i Innovació de Catalunya 2005-2008), Plans Nacional de I+D+i de l'estat espanyol (2000-2003, 2004-2007 i 2008-2011) i els FP6 i FP7 de la UE.

Ambdós plans de recerca de la Generalitat de Catalunya definien la Nanotecnologia com una de les àrees prioritàries, en sintonia amb el que succeeix als EUA i a Europa. De les accions realitzades en aquest context, cal destacar la creació de l'ICN, fundació creada l'any 2003. L'any 2005 la Generalitat de Catalunya va aportar 959.242 € a l'ICN. L'any 2008, el pressupost d'exploració del ICN fou ja de 4.110.563 €, dels quals un 54 % corresponen a l'aportació de la Generalitat de Catalunya. La creació de l'ICN es va coordinar i potenciar juntament amb el CSIC per donar lloc a la creació del CIN2, centre mixt CSIC-Generalitat. El projecte inclou la construcció d'un edifici per donar cabuda a més de 200 investigadors al campus de la UAB ³. Altres Centres de Recerca de

³ L'any 2012 s'ha creat el Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), fundació privada patronejada per la Generalitat, el CSIC i la UAB, que englobarà tant al ICN com el CIN2.

DOCUMENT DE TREBALL

la Generalitat de Catalunya que aporten activitat rellevant en Nanotecnologia han estat: l'IBEC, creat l'any 2005 a partir del Centre de Referència en Bioenginyeria de Catalunya, (CREBEC), l'ICFO, creat l'any 2002, i l'ICIQ, creat l'any 2000. Convé mencionar també l'ampliació de la Sala Blanca del Centre Nacional de Microelectrònica. Amb un finançament del CSIC de 15 M€ dedicat a la construcció de l'edifici i provisió d'equipament –instruments i subministraments- complementa la infraestructura tecnològica del campus de la Universitat Autònoma de Barcelona a l'àmbit de la Nanotecnologia.

Així mateix, el finançament de la recerca en Nanotecnologia per part de la Generalitat de Catalunya s'ha dut a terme a través del finançament directe dels grups SGR, i per convocatòries generals de beques, mobilitat i infraestructures.

Els Plans Nacionals de I+D+i de l'estat espanyol han finançat la recerca en Nanociència i Nanotecnologia principalment a través de les convocatòries de projectes de I+D+i, de les accions Ingenio 2010, que inclouen el programa Consolider i els projectes Ciber, així com la AENN, Acción Estratégica en Nanociencia y Nanotecnología. La següent taula mostra el nombre de projectes concedits a grups de Catalunya durant el període 2003-2009. El total suposa aproximadament un volum de finançament d'uns 50 M€:

<p>Taula 8. Nombre de grups participants en projectes finançats per l'estat espanyol a Catalunya.</p>
--

Pel que respecta al finançament europeu, el caire multidisciplinari de la Nanotecnologia fa que sigui difícil identificar amb exactitud el nombre de projectes amb participació catalana que presenten una activitat total o parcial en aquesta àrea. Per a fer una estimació, hem analitzat el global de projectes amb participació catalana del programa NMP (Nanotecnologia, Materials i Producció) dels FP6 i FP7 de la UE. Tenint en compte que el programa NMP inclou temàtiques relacionades amb materials i producció, que poden estar desvinculades del que hem definit com a Nanotecnologia, hem

DOCUMENT DE TREBALL

seleccionat aquells projectes que hem pogut identificar que incloïen temàtica nano i descartat els que fossin qüestionables. Siguem conscients, però, que també hi ha hagut participació (i per tant aportació econòmica) relacionada amb nano en altres programes (ICT, energia, salut, ...) que no hem pogut analitzar per la manca d'una font documental que reculli de manera exhaustiva el total dels projectes de Nanotecnologia finançats per la UE.

La següent taula mostra la distribució en el nombre de projectes relacionats amb Nanotecnologia per anys i per tipologia de centre. Destaca la reducció del nombre de projectes entorn l'any 2007 corresponent a l'època de transició entre el 6^è i 7^è FP. Per altra banda, és significativa la participació dels centres de CSIC amb un 36% dels projectes identificats com a nano i realitzats a Catalunya.

<p>Taula 9. Nombre de grups catalans que participen en projectes europeus del programa NMP per anys i per tipologia de centre.</p>

En resum, podem estimar la inversió directa en recerca a Catalunya per a l'àrea de Nanotecnologia en el període 2003-2009 entre uns 100 M€ i 150 M€, que prové tant del govern català com de l'Estat Espanyol i de fons europeus. Aquestes xifres no inclouen la despesa de personal de plantilla de les institucions, ni les inversions corresponents a les convocatòries de beques pre- i post-doctorals.

5. Activitat industrial i sector privat

El caràcter multidisciplinari (transversal) de la Nanotecnologia fa que la seva incidència a la indústria privada (o, en general, al sector productiu) abasti molts camps diferents (electrònica, química, materials, medi ambient, energia, medicina, ...).

DOCUMENT DE TREBALL

Està força estesa la idea que la Nanotecnologia representa la nova revolució tecnològica, de gran impacte social i ambiental a mig termini. De forma efectiva i des del punt de vista de la disponibilitat de productes al mercat a nivell mundial, només de forma recent comença a tenir certa incidència. Ho fa de forma puntual en àrees com l'electrònica (aplicacions concretes en informació/comunicacions), en química (sensors), materials (nanocompòsits), i, de manera més important, en el sector mèdic (diagnosi i teràpia).

En molts d'aquests casos, i sobretot en el període 2003-2009, l'activitat industrial on s'ha incorporat la Nanotecnologia ha representat més una millora incremental que no pas un trencament respecte als mètodes tradicionals de producció.

També en aquest cas, fer una descripció complerta de l'activitat en Nanotecnologia és pràcticament inabastable. Segons Nanowerk, a nivell internacional, es troben empreses en els següents àmbits:

Indústria química, indústria de béns de consum, construcció, energia, medi ambient, indústria alimentària, indústria del metall, tecnologies de la informació i comunicacions, medicina i indústria farmacèutica, enginyeria de precisió i instrumentació, tèxtil, indústria del transport.

En el present document, i per manca d'una font més adient, hem analitzat en primer lloc l'activitat en I+D+i de les empreses amb raó social a Catalunya que hem identificat per la seva participació en les jornades Aplicaciones Industriales de la Nanotecnología (AIN) organitzades per NanoAraCat (Veure llistat de fonts consultades).

En el període 2003-2009, en la majoria dels casos trobem empreses ja existents que incorporen solucions tecnològiques provinents de la Nanotecnologia, principalment a l'àmbit de la biotecnologia (medicaments). Són accions normalment puntuals, algunes de les quals s'han anat enfortint posteriorment. Convé mencionar també l'activitat

DOCUMENT DE TREBALL

(encara que petita) a les plantes de producció ubicades a Catalunya, de multinacionals com ara Henkel o Basf, principalment del sector químic, biomèdic o farmacèutic.

Hem identificat igualment algunes empreses creades durant la segona part del període 2003-2009. Es tracta en gairebé tots els casos d'empreses sorgides de grups de recerca i de l'àmbit de la biomedicina o la farmàcia.

L'anàlisi de les patents realitzades en aquest període presenta la dificultat addicional que els codis de classificació de Nanotecnologia varen ser creats fa pocs anys, i per tant cal determinar una metodologia alternativa a les consultes directes. S'han buscat patents amb el terme nano al títol o al resum a les bases de dades INVENES de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) i ESPACENET de l'European Patent Office (EPO). Més un criteri de localització geogràfica.

En aquest sentit, trobem la dificultat afegida que les sol·licituds realitzades per centres del CSIC es comptabilitzen a Madrid, i per tant no figuren a l'anàlisi. Considerant que els nombre de grups del CSIC amb activitat en Nanotecnologia a Catalunya són 15 respecte al total de 52, es podria atribuir en primera aproximació que al voltant d'un 33 % de la producció en patents poden no estar representades en la comptabilització de Catalunya, corresponents a la porció de les patents sol·licitades pel CSIC. A les següents taules 10 i 11 mostrem un anàlisi quantitatiu comparatiu.

Taula 10. Patents sol·licitades per entitats catalanes i espanyoles a l' OEPM
--

Taula 11. Patents sol·licitades per entitats catalanes i espanyoles a l'EPO
--

En aquest cas notem que les patents identificades pertanyen a quatre àmbits diferents: nous materials, biomedicina, farmàcia i electrònica, principalment. Les patents sol·licitades a l'OEPM mostren un clar augment amb els anys, que no es reflecteix en el cas de les patents sol·licitades a l'EPO. En tot cas, el baix nombre de patents que hem

DOCUMENT DE TREBALL

pogut trobar pot ser un reflex de que la recerca amb rellevància industrial en nanotecnologia es troba, a l'any 2009, encara a les beceroles. Caldria contrastar si aquesta dada no és sinó el reflex d'una característica que és comú a tots els sectors productius de la indústria del nostre país.

D'entre els centres identificats amb la marca TECNIO, trobem pocs casos que durant el període 2003-2009 declarin una activitat primordialment relacionada amb la Nanotecnologia. Aquests són: Nanomol (Centre de Nanotecnologia i Materials Moleculars, adscrit al CSIC a través de l'ICMAB), la fundació ASCAMM i el centre tecnològic LEITAT. També en aquest cas, ens consta un augment significatiu de centres/grups de recerca actius en Nanotecnologia que en anys posteriors obtenen el distintiu TECNIO.

Finalment, i dins del programa Ingenio 2010, l'estat espanyol va finançar projectes consorciats de gran dimensió i llarg abast destinats a estimular la cooperació sector públic-privat en investigació industrial (projectes CIBER). Dels 91 projectes finançats, n'hi ha tres que inclouen temàtiques de nanotecnologia. Tots tres compten amb participació catalana i estan relacionats amb l'àrea biomèdica i farmacèutica. Són els projectes Nanofarma, Oncnosis i Intelimplant.

6. Conclusions

El període 2003-2009 ha estat una etapa transcendental per l'establiment d'unes bases fermes que haurien de permetre una consolidació d'una activitat de recerca en Nanotecnologia d'excel·lència i quantitativament rellevant a Catalunya.

L'augment en el nombre de grups de recerca involucrats en Nanotecnologia ha donat lloc a una evolució positiva de la competitivitat de la recerca feta a Catalunya. Aquest augment ha estat proporcionat, en gran mesura, per les accions governamentals

DOCUMENT DE TREBALL

específiques dutes a terme, especialment la creació de centres de recerca de la Generalitat de Catalunya, i accions puntuals per part del CSIC de les Universitats i el CSIC. La cocreació del CIN2-ICN n'és l'exemple més rellevant.

Durant el període 2003-2009, l'augment més significatiu dels resultats de la recerca el trobem en el nombre de publicacions científiques, moltes d'elles de caire fonamental, així com en el nombre creixent de tesis doctorals completades. Aquest últim aspecte és especialment important tota vegada que garanteix una massa crítica important d'investigadors formats en aquesta àrea, la futura continuïtat dels quals a Catalunya és sens dubte un tema a analitzar en propers reports.

Respecte al finançament, la pràcticament absència d'un programa específic de Nanotecnologia a nivell de l'estat espanyol fa que no hagi hagut un augment considerable durant aquest període, en quant a inversió a través de projectes de recerca. Probablement, l'efecte d'aquesta mancança no ha estat tan evident, ja que hi ha hagut les accions especials anteriorment mencionades per part del govern de la Generalitat i, en menor proporció, per part del CSIC.

L'activitat de recerca a la indústria i la transferència de tecnologia ha estat escassa en aquest període. Això és degut principalment al fet que ens trobem amb una disciplina relativament nova i que proporciona mètodes i tècniques, sovint, disruptius respecte als tradicionals. De totes maneres, l'evolució en els anys posteriors als d'aquest report comencen a mostrar un canvi de tendència, i creiem que el paper de la Nanotecnologia a la indústria catalana pot ser cada cop més destacat.

Per exemple, la nanobiotecnologia i la nanobiomedicina seran àrees de recerca estratègiques a Catalunya. Barcelona, referent mundial en medicina i amb una tradició centenària, ha de ser motor en la recerca en aquests àmbits, amb creació de coneixement i indústria altament especialitzades. Aquest és un model a continuar, ja que atrau científics i tecnòlegs altament qualificats i genera activitat econòmica. El mateix es pot

DOCUMENT DE TREBALL

promoure en altres àrees relacionades per exemple amb la química i els materials, especialment a altres localitzacions a Catalunya.

Així com un report d'aquestes característiques estaria típicament elaborat per un departament de gestió o personal experimentat, en col·laboració amb experts en el camp per a l'assessorament de classificació, continguts i revisió, els autors confiem que haurem sabut confeccionar un estudi adequat i correcte, en base a les eines, banc de dades, criteris i dedicació de què hem disposat, però al mateix temps il·lustratiu de les activitats de la recerca en Nanotecnologia a Catalunya pel període 2003-2009.

Fonts consultades

AGAUR. [Disponible a: <http://www.gencat.cat/agaur>].

Aplicaciones industriales de la Nanotecnología. [Disponible a: <http://ainjornadas.es/jornadas-anteriores/i-jornada-ain>].

MALUQUER de MOTES i BERNET, J. *La recerca i la innovació a Catalunya l'any 2004*, CIRIT, Barcelona, 2009.

Mapping Excellence in Science and Technology across Europe. Nanoscience and Nanotechnology. [Disponible a: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/indicators/docs/mapex_nano.pdf].

NanoAraCat. [Disponible a: <http://www.nanoaracat.com>].

Nanociencia y Nanotecnología en España, Phantoms Foundation, 2011.

Nanowerk. [Disponible a: <http://www.nanowerk.com/products/products.php>].

Nanotechnologies and nanosciences, knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices. [Disponible a: <http://cordis.europa.eu/nmp/>].

National Nanotechnology Initiative. [Disponible a: <http://www.nano.gov>].

DOCUMENT DE TREBALL

Observatori de Recerca (IEC). [Disponible a: <http://meridia.iec.cat>].

Physics and Astronomy Classification Scheme of the American Institute of Physics.
[Disponible a: <http://www.aip.org/pacs>].

Statistical Office of the European Communities (Eurostat). [Disponible a:
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>].

Thomson Reuters. [Disponible a: <http://thomsonreuters.com>].

Top 20 countries: citations in five-year increments. [Disponible a:
<http://sciencewatch.com/dr/cou/2012/12janALLgraphs>].

UNESCO. [Disponible a: <http://www.unesco.org/new/es/unesco>].

DOCUMENT DE TREBALL

Annex 1. Grups de recerca consolidats (convocatòries SGR 2005 i SGR 2009)

Referència SGR Convocatòria 2009	Referència SGR Convocatòria 2005	Denominació del grup	Centre / Institució
2009 SGR 027		Quantum nanoelectronics group	ICN-CIN2
2009 SGR 035	2005 SGR 00664	Bioelectroquímica i nanotecnologies	UB
2009 SGR 076		Nanobioelectronics & biosensors group	ICN-CIN2
2009 SGR 126		Caracterització avançada i nanoestructuració de materials	ICMAB, CSIC
2009 SGR 133		Grup de transductors químics	IMB-CNM, CSIC
2009 SGR 139		Grup de recerca de la interfície físico/biològica	URV
2009 SGR 150		Grup de nanoestructures fonòniques i fotòniques	ICN-CIN2
2009 SGR 158		Quiralitat en superfícies i màquines moleculars	ICMAB, CSIC
2009 SGR 171		Nanostructured functional materials	ICN-CIN2
2009 SGR 185	2005 SGR 00666	Física i enginyeria de materials amorfs i nanoestructures	UB
2009 SGR 186	2005 SGR 00683	Laboratori /grup d'estructura electrònica de materials	ICMAB, CSIC
2009 SGR 207		Laboratori de materials i dispositius optoelectrònics	ICIQ
2009 SGR 228		Micro i nanotecnologies	IMB-CNM, CSIC
2009 SGR 260		Biomems	IMB-CNM, CSIC
2009 SGR 265	2005 SGR 00582	Grup de nanofabricació i propietats funcionals de nanoestructures	IMB-CNM, CSIC
2009 SGR 270	2005 SGR 01014	Grup de quimiometria, qualimetria i nanosensors	URV
2009 SGR 271	2005 SGR 00688	Física de biomolècules i sistemes petits	UB
2009 SGR 277	2005 SGR 00664	Nanoestructura de biomembranes	UB
2009 SGR 287		Nanofotònica	ICFO
2009 SGR 323	2005 SGR 00364	Grup de sensors i biosensors	UAB
2009 SGR 376	2005 SGR 00509	Materials magnètics nanoestructurats i llurs aplicacions	ICMAB, CSIC
2009 SGR 440	2005 SGR 00569	Enginyeria i materials electrònics, i energia	UB / IREC
2009 SGR 474	2005 SGR 01006	Biomaterials i mecanobiologia per a medicina regenerativa	IBEC
2009 SGR 505	2005 SGR 00376	Bioelectrònica i nanobioenginyeria	UB
2009 SGR 516	2005 SGR 00591	Materials orgànics i nanociència molecular	ICMAB, CSIC

DOCUMENT DE TREBALL

2009 SGR 549	2005 SGR 00359	Nanoelectronic and photonic systems	URV
2009 SGR 558	2005 SGR 01032	Propietats optoelectròniques i superficials de materials nanoestructurats	ICMAB, CSIC
2009 SGR 597		Single molecule bionanophotonics (bionanofotònica de molècules individuals)	IBEC
2009 SGR 605		Laboratorio de materiales nanoestructurados para energía fotovoltaica	ICN-CIN2
2009 SGR 695		Atomic manipulation and spectroscopy group	ICN-CIN2
2009 SGR 770	2005 SGR 00029	Grup de materials superconductors i nanoestructuració a gran escala	ICMAB, CSIC
2009 SGR 776		Inorganic nanoparticles group.	ICN-CIN2
2009 SGR 783	2005 SGR 00061	Enginyeria de dispositius micro i nanoelectrònics	UAB
2009 SGR 789	2005 SGR 01084	Microsystems and nanotechnologies for chemical analysis	URV
2009 SGR 876		Grup de nanomaterials magnètics	UB
2009 SGR 911	2005 SGR 00822	Fisiopatologia i tractament de les malalties respiratòries	IDIBAPS
2009 SGR 1005	2005 SGR 00663	Disseny, síntesi i estructura de pèptids i proteïnes	UB
2009 SGR 1014	2005 SGR 00650	Grup de biofísica de macromolècules	UAB
2009 SGR 1041	2005 SGR 00697	Grup de química quàntica de materials	UB
2009 SGR 1064		Grup de magnetisme i molècules funcionals	UB
2009 SGR 1083		Grup de nanoenginyeria de materials nanoestructurats amb aplicacions energètiques i mediambientals	UPC
2009 SGR 1152	2005 SGR 00909	Grup de preparació de pel·lícules primes nanoestructurades de materials orgànics i inorgànics	ICMAB, CSIC/ ICN-CIN2
2009 SGR 1179		Micro-nanotecnologies i nanoscòpies per dispositius electrònics i fotogràfics	UB
2009 SGR 1225	2005 SGR 00201	Grup de física i enginyeria de materials	UAB
2009 SGR 1263	2005 SGR 00329	Grup de recerca en micro i nanotecnologies	UPV
2009 SGR 1292	2005 SGR 00401	Grup de materials nanoestructurats	UAB
2009 SGR 1331	2005 SGR 00812	Tensioactius	ICAQ-CSIC
2009 SGR 1343		Applied molecular receptors group	IIQAB-CSIC
2009 SGR 1375	2005 SGR 00157	Grup de circuits i sistemes electrònics	UAB
2009 SGR 1441	2005 SGR 00305	Grup d'estudis en química orgànica i organometàlica	UAB
2009 SGR 1446	2005 SGR 00251	Materials: propietats elèctriques i electròniques	UPC

Annex 2(a). Empreses catalanes participants a les jornades AIN

AIN Any	Empresa	Temàtica/Producte	Web
2007	Willems & van den Wildenberg (W&W)	Inversors Consulting	www.bwcv.es
	ADVANCELL	Biotecnologia, Medicaments	www.advancell.net
	Activery	Medicaments	
	Oryzon Genomics	Medicaments	www.oryzon.com
2008	Clariant	Nanoemulsions, teixits	www.clariant.es
	Aromics	Medicaments	www.aromics.es
	Henkel	Química	www.henkel.es
	Basf	Química	www.basf.com
	Endor Nanotech	Nanopartícules	www.endornanotech.com
2009	La Seda Barcelona S A	Polímers-PET Nanocompòsits	www.laseda.es
	Knowledge innovation marketing BCN	Transferència de tecnologia	www.kimbcn.org
2010	Lipotec	Cosmètica	www.lipotec.com (site under construction)
	Grup ACCIONA	Arquitectura	http://www.acciona-infraestructuras.es/quienes_somos/directorio.aspx
	SEAT	Automoció	www.seat.com

DOCUMENT DE TREBALL

Annex 2(b). Altres empreses catalanes de creació recent relacionades amb la Nanotecnologia

(1) Farmàcia / Biomedicina

Argon Pharma, S.L.

PCB - Edifici Clúster

Baldiri Reixac, 10

08028 Barcelona

Arquebio

Edifici Eureka - Campus de la UAB

08193 Bellaterra (Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/arquebio>

Endor Nanotechnologies

Helix Building, Barcelona Science Park - Baldiri Reixac Street, 15

08028 Barcelona

<http://www.endornanotech.com>

Infinitec Activos

C. Baldiri Reixac, 15-21, Edifici Hèlix, Parc Científic de Barcelona

08028 Barcelona (Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/infinitec-activos>

Nanotargeting S.L.

C. Còrsega 516

08025 Barcelona (Spain)

<http://www.nanotargeting.eu>

DOCUMENT DE TREBALL

Nanotherapix S.L.

Carrer de la Generalitat, 152

08174 Sant Cugat del Vallés (Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/nanotherapix>

NT (Nanotechnology) Sensors S.L.

Av. Països Catalans, s/n - Complejo La Salle - Ed. Estrella, 2a planta

43007 Tarragona

<http://www.biocat.cat/directory/nt-sensors>

Sepmag Technologies

CENT - Parc Tecnològic del Vallès

08290 CERDANYOLA DEL VALLES (Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/sepmag-technologies>

Thrombotargets Europe S.L.

C. Canal Olímpic s/n, Edif. B 6, 2a planta. Parc Mediterrani de la Tecnologia

08860 Castelldefels (Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/thrombotargets-europe>

Trinity Technologies Europe

Ed. Eureka P1M4 - Campus de la UAB

08193 Bellaterra (Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/trinity-technologies-europe>

VCN Biosciences S.L.

Gran Via de l'Hospitalet, 199-203.

VCN BiosciencesBioincubadora 1 - BIOPOL

08908 Hospitalet de Llobregat(Barcelona)

<http://www.biocat.cat/directory/vcn-biosciences>

DOCUMENT DE TREBALL

(2) Resta d'àmbits

Electronic Nanosystems, S.L.

Baldiri Reixac, 4 – Torre D
08028 Barcelona

Nanotec Red S.L.

Via Augusta, 252 planta 4, A
08017 Barcelona
<http://www.nanotecred.com>

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 1. Nombre de grups SGR censats a les convocatòries 2005 i 2009

Àrea	SGR 2005	SGR 2009	AUGMENT (%)
Totes les àrees	400	545	36,3
Nanotecnologia	31	52	67,7
Percentual Nanotecnologia	7,8	9,5	-

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 2. Distribució de grups SGR de les convocatòries 2005 i 2009 per tipus d'entitat

	SGR 2005	SGR 2009	AUGMENT (%)
Universitats	21	25	20,0
CSIC	8	13	62,5
Centres CERCA	2	14	600,0
Total	31	52	67,7

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 3. Distribució geogràfica de grups SGR actius en nanotecnologia a les convocatòries 2005 i 2009

Àrea Geogràfica	Nombre de grups SGR (2009)
Bellaterra	25
Barcelona	20
Tarragona	5
Castelldefels	2
Total	52

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 4. Comparació del rànquing de les revistes pels articles més citats a Catalunya amb el de tot el món (període 2003-2009)

Revista	Nombre d'articles publicats	Posició (Catalunya)	Posició (Mundial)
<i>Physical Review B</i>	97	1	5
<i>Nanotechnology</i>	79	2	2
<i>Applied Physics Letters</i>	75	3	1
<i>Journal of Applied Physics</i>	63	4	7
<i>Sensors and Actuators B Chemical</i>	53	5	47
<i>Journal of Physical Chemistry C</i>	40	6	8
<i>Langmuir</i>	32	7	10
<i>Microelectronic Engineering</i>	32	7	53
<i>Physical Review Letters</i>	32	7	9
<i>Chemistry of Materials</i>	31	10	12

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 5. Rànquing de revistes pels 100 articles més citats (món)

Posició	Revista	Nombre d'articles
1	Science	21
2	Nature	13
3	Chemical Reviews	7
4	Nature Materials	7
5	Nature Biotechnology	6
6	Angewandte Chemie - International Edition	5
7	Cell	4
7	Physical Review Letters	4
9	Advanced Materials	3
9	Journal of Physical Chemistry B	3
9	Journal of the American Chemical Society	3

Taula 6. Rànquing de revistes pels 100 articles més citats (Catalunya)

Posició	Revista	Nombre d'articles
1	Journal of the American Chemical Society	8
2	Angewandte Chemie - International Edition	5
2	Nano Letters	5
4	Nature Materials	4
4	Physical Review B	4
4	Physical Review Letters	4
4	Science	4
8	Journal of Catalysis	3
8	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	3
8	Sensors and Actuators B - Chemical	3
8	Trends in Analytical Chemistry	3

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 7. Distribució de les tesis doctorals de temàtica relacionada amb la nanotecnologia

Universitat	Departament	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
UAB	Física	2	1	2	1	5	8	12	31
UAB	Química	2	5	5	5	4	10	7	38
UAB	Eng. Electrònica	1		2	1	4	2	3	13
UAB	Altres					1			1
UAB	Total	5	6	9	7	14	20	22	83
UB	Física	4	2	1	2	1	2	3	15
UB	Química (i afins)	1	3	5	4	7	8	3	31
UB	Electrònica	1	1		1	2	4		9
UB	Farmàcia	1		1		1			3
UB	Altres		1		1	1			3
UB	Total	7	7	7	8	12	14	6	61
UPC	Ciència de Materials						1	4	5
UPC	Física		1				1	2	4
UPC	Electrònica	1		5					6
UPC	Òptica					1		1	2
UPC	Total	1	1	5	0	1	2	7	17
URL	E. Industrials i Comunic.			2				1	3
URV	Quím. i Eng. Química		1	1	3	3	4	7	19
TOTAL		13	15	24	18	30	40	43	183

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 8. Nombre de grups participants en projectes finançats per l'estat espanyol a Catalunya

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
Pla Nacional	27	25	20	30	26	30	41	199
AENN			25	2	2	10	0	39
Consolider				6	4	13	0	23
CiberBBn					18			18
Total	27	25	45	38	50	53	41	279

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 9. Nombre de grups catalans que participen en projectes europeus del program NMP per anys i per tipologia de centre

Any	# Projectes	Centre	# Projectes
2004	12	CSIC	19
2005	13	Universitats	12
2006	6	CERCA	10
2007	1	PCB	3
2008	6	TECNIO	3
2009	14	Empreses	5

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 10. Patents sol·licitades per entitats catalanes i espanyoles a l'OEPM

Any	Espanya	Catalunya	% Catalunya
2003	12	1	8,3
2004	15	2	13,3
2005	23	5	21,7
2006	11	1	9,1
2007	30	6	20,0
2008	50	6	12,0
2009	57	8	14,0
Total	198	29	14,6

Font: INVENES.

Nota 1: Patents amb nano al títol o al resum.

Nota 2: Les patents del CSIC (67) s'imputen a Madrid

DOCUMENT DE TREBALL

Taula 11. Patents sol·licitades per entitats catalanes i espanyoles a l'EPO

Any	Espanya	Catalunya	% Catalunya
2003	4	1	25,0
2004	7	2	28,6
2005	11	3	27,3
2006	11	6	54,5
2007	4	2	50,0
2008	9	3	33,3
2009	7	1	14,3
Total	53	18	34,0

Nota 1: Patents amb nano al títol o al resum.

Nota 2: Les patents del CSIC s'imputen a Madrid

DOCUMENT DE TREBALL

Figura 1. Distribució dels grups SGR 2009 en funció de l'àrea de coneixement

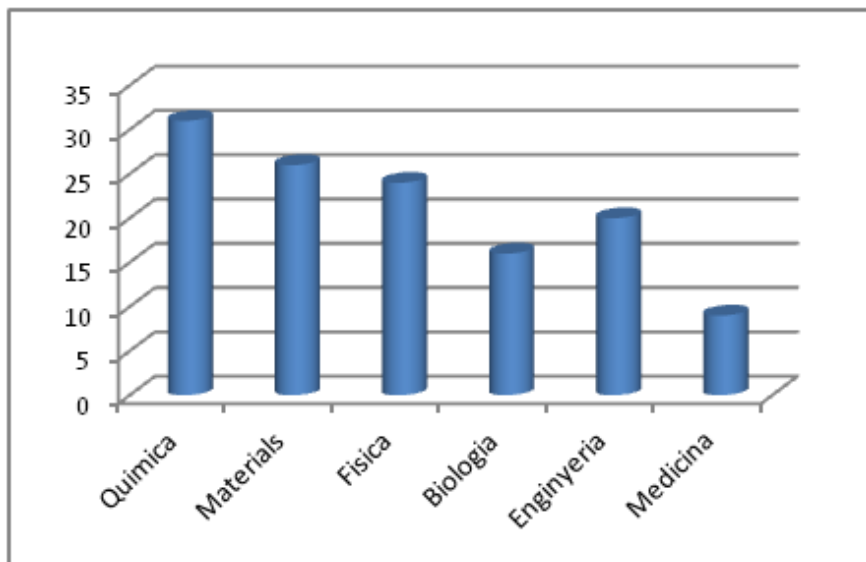


Figura 2. Nombre de grups SGR 2009 en funció de l'objecte d'estudi

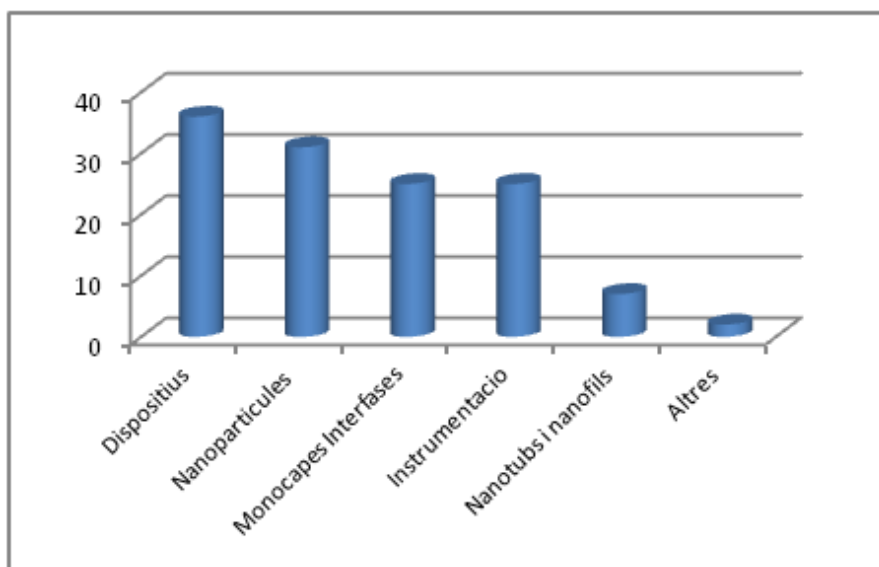


Figura 3. Nombre d'articles de t pic nano* en funció de l'any de publicació, i per diferents països incloent la comunitat de Madrid

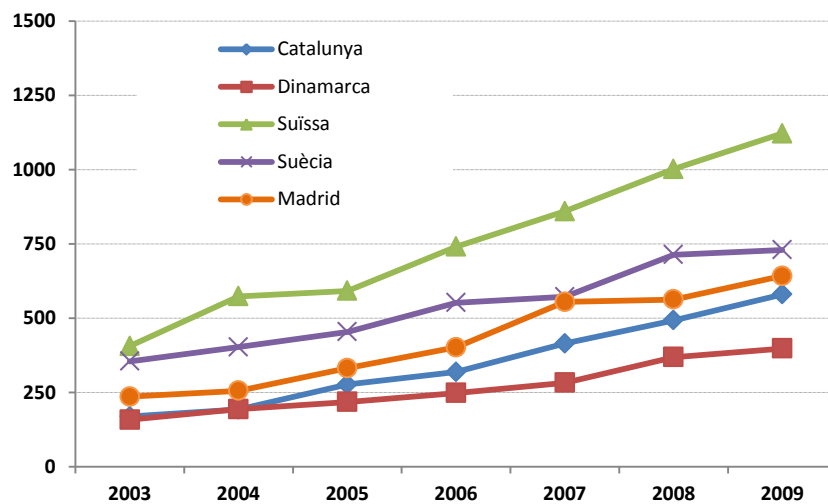


Figura 4. Factor d'increment en el nombre d'articles publicats per any normalitzats respecte al nombre d'articles publicats l'any 2003

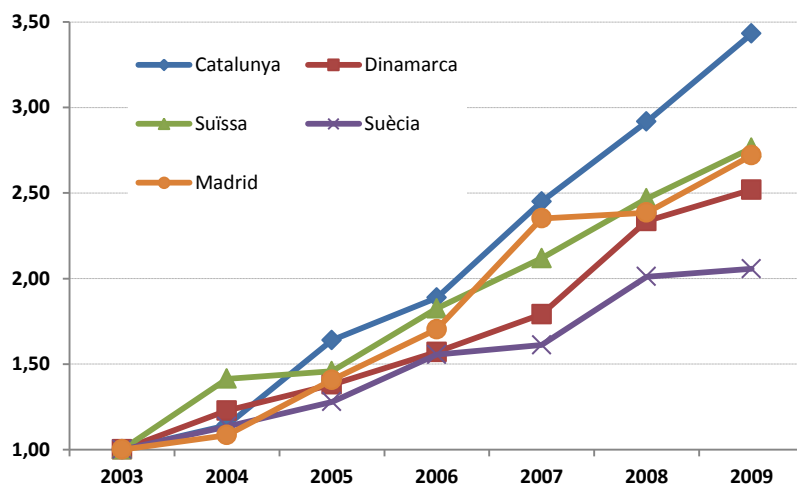


Figura 5. Factor h i cites/articles per Catalunya i diversos països europeus. S'han considerat tots els articles del període 2003-2009 i el nombre de cites a data 20 de febrer de 2012

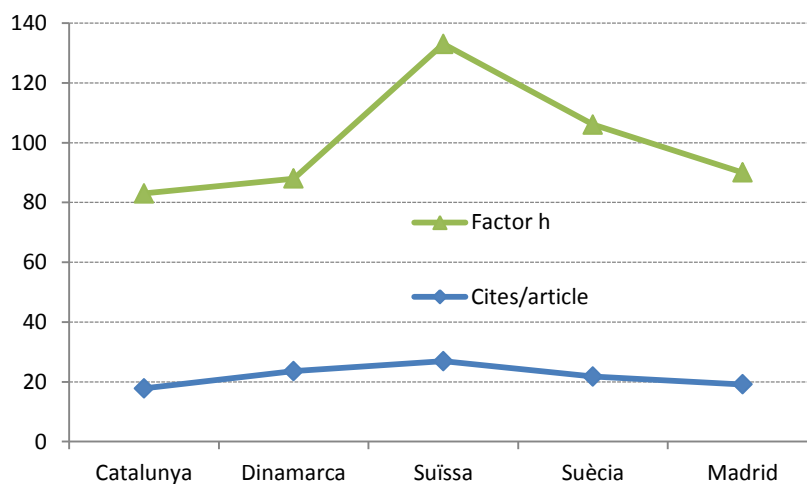


Figura 6. Nombre d'articles amb temàtica nano per milió d'habitant en funció dels anys i per diversos països

