



Marina Núñez. *Monstre de Vitrubi (7)*, 2009. Vídeo monocal i so, 1 minut. Produït per MUSAC, Lleó.

NANOPÀNIC O NANOEUFORIA?: NANOINFO

LA NECESSITAT D'UNA INFORMACIÓ DE QUALITAT SOBRE LES NANOTECNOLOGIES

Víctor Puentes i Anna Garcia Hom

Nano-panic or Nano-euphoria? Nano-info. Needs for Quality Information on Nanotechnology.
Nanotechnologies have the potential to offer solutions to a wide range of global challenges. However, such potential could be impaired by numerous factors. Scientists must understand the importance of incorporating the phenomena of public acceptance and understanding when disseminating their findings associated with nanotechnology, and seek a greater understanding of forming public opinion.

La millor manera de descriure-ho és que tanqueu els ulls i somieu. No tindreu mai fam ni estareu tips, i tindreu tota l'energia, tota l'aigua i tot el menjar que vulgueu, sense malalties. No hi ha un sòl aspecte en l'economia mundial o en la vostra vida personal que no pugui ser radicalment transformat per aquesta nova tecnologia.

ROY PAT MOONEY
ETC Group

Una de les principals conclusions de la Primera Cimera de l'Agenda Global, que tingué lloc el novembre de 2008 a Dubai (Emirats Àrabs Units), destaca que el món ha de revisar els sistemes operatius bàsics que governen les economies, mercats i societats i, alhora, preparar-se per a una «reinicialització fonamental» que estableixi una nova plataforma basada en una confiança renovada i en uns principis ètics de responsabilitat i de sostenibilitat. En aquest àmbit, les nanotecnologies tenen el potencial d'oferir solucions a un ampli ventall de desafiaments globals, com ara la seguretat, la salut o la lluita contra la fam. Aquesta potencialitat, però, es pot veure malmesa per factors com la manca de visió estratègica, la falta de finançament, la ignorància dels responsables polítics, el compromís limitat d'alguns sectors, models de negoci desfasats o la manca de control dels riscos que se'n deriven.

Les nanotecnologies, en tant que família emergent de tecnologies heterogènies i revolucionàries, són definides

per la seva escala –el nanòmetre (nm)–, que permet la manipulació de la matèria a escala atòmica. En l'actualitat, més de 1.000 productes incorporen nanotecnologies amb nanoproductes comercialment disponibles, entre ells aliments, plaguicides, protectors solars, cosmètics, càmeres digitals o roba esportiva. A més, el futur de les aplicacions nanotecnològiques promet beneficis socials significatius com ara les millores en els diagnòstics mèdics i en els tractaments de salut, en recursos energètics

més eficients, materials més econòmics, lleugers i més ràpids. No podem oblidar tampoc les limitacions a la universalització d'aquestes tecnologies; limitacions que deriven de diverses asimetries entre països desenvolupats i països en vies de desenvolupament, com el marc regulatori, el control de les patents o la capacitat d'atracció d'investigadors experts en aquest àmbit.

En contrast amb aquest escenari d'oportunitats, ens trobem amb la discussió sobre els seus riscos potencials. Un informe del 2007 de l'Economic and Social Research

Council del govern anglès va identificar com un eix rellevant del debat el que deriva de les conseqüències socials i econòmiques –positives i negatives– d'aquesta tecnologia emergent. Això ha caracteritzat bona part de la literatura recent, que, des del punt de vista de les ciències socials, ha analitzat el fenomen (Pense i Cutcliffe, 2007; Selin, 2007), la comprensió pública de la ciència (Coob i Macoubrie, 2004; Macoubrie, 2006) o la

**«MENTRE LA UE FINANÇA
LES INVESTIGACIONS SOBRE
LA POTENCIAL TOXICITAT
DELS NANOMATERIALS,
LA INDÚSTRIA JA VEN
PRODUCTES AMB RISCOS
POTENCIALS QUE ELS
CIENTÍFICS ENCARA ESTAN
ESTUDIANT»**



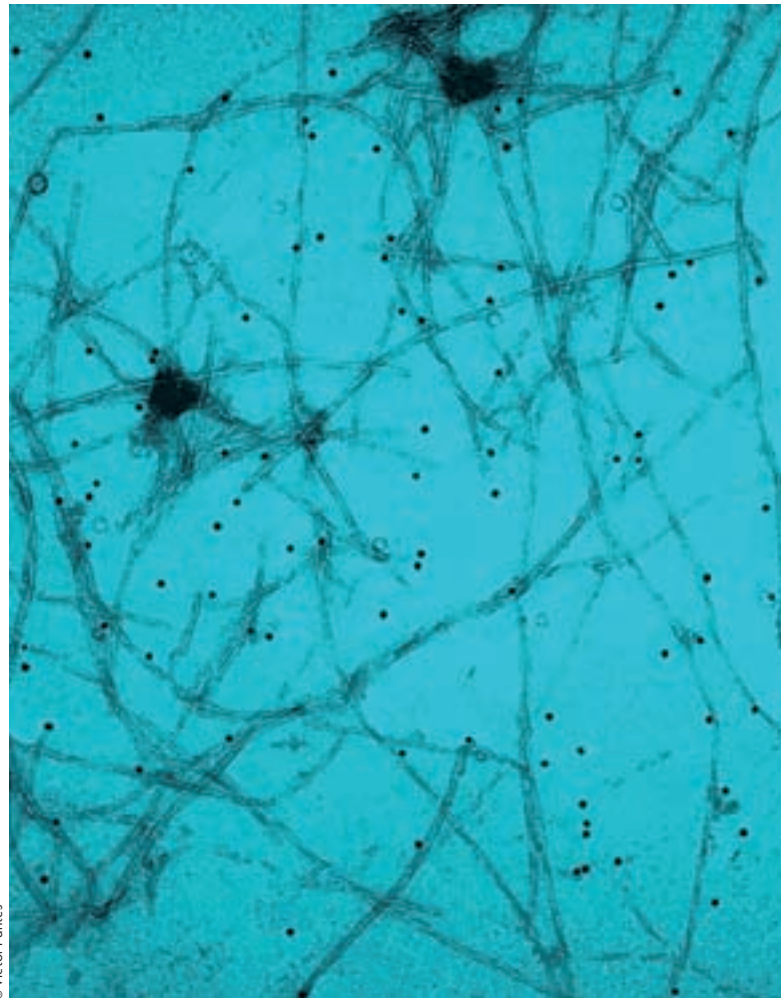
sociologia del risc (Petersen *et al.*, 2007; Powell, 2007; Rogers-Hayden i Pidgeon, 2007). El resultat principal d'aquesta discussió ha estat la gènesi d'un terreny ambigu caracteritzat pel desconeixement i la incertesa amb valoracions clarament divergents i fortament polaritzades. D'una banda, les visions optimistes que han defensat les potencialitats d'aquestes noves tecnologies en la resolució de problemes com la pobresa, la fam en el món o l'esperança de vida. De l'altra, visions més pessimistes (Dunkley, 2004) que, establint analogies amb el cas dels organismes genèticament modificats, han suggerit escenaris exemplars dels efectes disruptius que les nanotecnologies podrien tenir en la societat i tota mena de distopies on unes exòtiques nanomàquines competeixen amb l'ésser humà pels recursos naturals.

■ ÉS PERILLÓS ALLÒ NANO?

Els humans han estat sempre exposats a nanopartícules d'origen natural (com els aerosols marins –salnitre– o fums dels volcans i dels incendis forestals), que no són particularment sans, o nanopartícules d'origen humà produïdes sense coneixement en els cosmètics o pigments naturals, com les nanopartícules d'òxid de titani (TiO₂) trobades als alvèols dels pulmons de l'Home d'Oetzi, una mòmia de 5.000 anys descoberta el 1991 a les glaceres del Mont Blanc. L'exposició a aquest tipus de materials s'ha incrementat significativament durant l'últim segle a causa de fonts antropomòrfiques, com les relacionades amb la combustió de carbó, gas i petroli que produeix, entre d'altres, ful·lerens (C₆₀) i nanotubs de carboni.

També existeixen nanopartícules d'origen biològic en diverses espècies, des de bacteris i protozous a animals superiors, com el cas dels magnetosomes dels bacteris magnetotàctics, o la ferritina, una proteïna que conté una nanopartícula d'òxid (hidròxid) de ferro que serveix de magatzem d'aquest mineral i que es troba als mamífers, incloent-hi els humans. Per un altre costat és sabut que els cossos estranys –bacteris, virus i paràsits, però també la matèria inorgànica– poden causar diverses patologies, com la silicosi, l'asbestosi o reaccions inflamatòries, i mentre que hi ha una quantitat significativa d'estudis sobre l'impacte en la salut humana de les nanopartícules no intencionals resultants de processos industrials, com la combustió, la recerca dels efectes de la nova generació de nanopartícules de disseny viu encara la seva infantesa.

Adicionalment, l'estudi de la interacció d'objectes dissenyats nanotecnològicament i la biologia encara té moltes mancances. Químics, físics i enginyers creen nous materials avançats amb propietats sofisticades cada dia, però el seu coneixement de la biologia és sovint força limitat. Encara més, quan es busca informació sobre nano-



© Victor Puntes

imatge de microscòpia electrònica de transmissió de fibres de beta-amiloide funcionalitzades amb nanopartícules d'or de 10 nm de diàmetre. Aquestes fibres endògenes es dipositen entre les neurones de la part cognoscitiva del cervell provocant la malaltia d'Alzheimer. Les nanopartícules interfereixen amb el seu creixement i són capaces d'invertir el procés d'agregació.

toxicologia, les definicions de les nanopartícules van des de partícules ultrafines per als toxicòlegs –partícules de mode Aitken o nucleació per als científics atmosfèrics– i materials de disseny nanoestructurat per als científics de materials. Finalment, és també important considerar que el pes social de la toxicitat fa difícil extreure conclusions sòlides en aquests temps inicials, i els resultats, incloent-hi els més tècnics, poden ser forçats cap a la toxicitat o no toxicitat del material depenent del context dels informadors, per exemple, proposant un nou dispositiu mèdic o avaluant la toxicitat d'un material en concret. Sembla que en el primer cas només els avantatges són observats i que en el segon cas, qualsevol material serà trobat tòxic si les dosis que s'estudien són exageradament elevades. Tot això porta confusió al camp de la nanotoxicologia en aquests temps inicials, i augmenta el risc d'usos irresponsables o fòbies, com ha passat en tots els camps del coneixement en els seus inicis.



Referent a aquest aspecte, recentment *Nanonow* ha publicat l'article «Scientist still wondering- Industry already selling»,¹ que analitza com, mentre la Unió Europea, mitjançant els seus programes marc FP06 i FFP07, finança les investigacions sobre la toxicitat potencial dels nanomaterials mirant de desenvolupar el marc regulatori per protegir els consumidors, la indústria està ja venent productes amb riscos potencials que els científics encara estan estudiant. Curiosament, si l'ambició irresponsable de les empreses provoca problemes de salut pública, a qui es demanarà responsabilitats serà als científics i a la nanotecnologia, i no tant a les empreses, com ha succeït en el passat amb els fàrmacs i les farmacèutiques.

■ LA PERCEPCIÓ DEL RISC

En aquest context, les ciències socials, malgrat ser un agent potencial de desenvolupament tant en la investigació en nanotecnologies com en els processos d'innovació que comporten (Macnaghten *et al.*, 2005) han tendit a prioritzar l'estudi del *public engagement* en el desenvolupament tecnològic per damunt de la investigació de la construcció social dels riscos, fenomen que, atenent a experiències viscudes en altres camps, mereix una consideració més que destacada. En efecte, el cas de les nanotecnologies, semblant a desenvolupaments tecnològics anteriors (energia nuclear, telefonia mòbil, organismes genèticament modificats, biotecnologia, etc.) s'acompanya del debat social –polític i científic– de

la importància d'incorporar els fenòmens de l'acceptació i la comprensió públiques com un tema emergent, així com de la necessitat de desenvolupar una comprensió rigorosa sobre la formació de l'opinió pública a l'entorn de les nanotecnologies. Això és generalment ignorat pels científics, però si la societat accepta, aprofita i utilitza els descobriments d'una nova tecnologia, aleshores aquesta sobreviu, si no ho fa, aleshores no importa com de bona sigui aquella tecnologia, perquè aquesta no prosperarà.

I és que els canvis socials que es deriven de la revolució tecnològica situen els instruments que la fan possible en el centre mateix de la vida de les persones. El cas de les nanotecnologies n'és un exemple clar. L'emergència dels canvis inaugura noves formes d'interacció entre la

tecnologia i la societat, fenomen històricament no exempt de polèmiques. Fruit de les dinàmiques canviants que originen les tecnologies en la societat, així com de les respostes socials que desvetllen, s'erigeixen nous fronts que demanden ser atesos mitjançant l'ús d'eines i de procediments que s'adeqüin a la realitat multidisciplinària i multidimensional que caracteritza la nostra realitat sociotècnica.

En aquest sentit, una aproximació científica de caràcter social a les nanotecnologies hauria de permetre conèixer, d'una banda, la manera com els diferents actors o *stakeholders*² colonitzen el futur i de l'altra, qüestionar les formes de veritat i de legitimitat a l'entorn del futur mateix. En aquest marc, saber qui té legitimitat i conèixer el tipus de mètodes que sostenen aquesta legitimitat esdevé una qüestió crítica i amb un pes directe en la relació entre el present i el futur (Petersen *et al.*, 2007). El desenvolupament del domini tecnològic és sovint atribuït a diferents factors, entre ells la convergència de disciplines, l'expansió d'institucions com també altres aspectes de la vida política, econòmica, social i cultural.

Tant aquests elements com les interaccions i les negociacions entre els actors poden afectar la manera com el camp de coneixement és constituït i reconstituït, i també les seves possibilitats i expectatives. Això ens pot conduir a afirmar que, en tant que abstracció temporal, el futur (de les nanotecnologies) és construït i gestionat socialment de manera permanent, i és important conèixer qui promou i *produeix* les

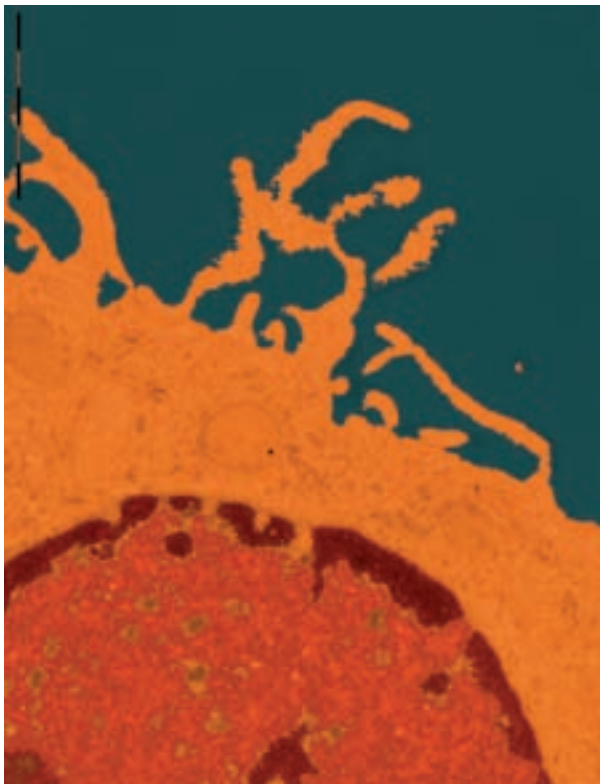
nanotecnologies i sota quines condicions es construeixen i es difonen. És en aquest punt on pren rellevància la qüestió de la legitimitat científica per qualificar o no de *nano* una o altra tecnologia. Tot allò, doncs, que no pugui ser legitimat científicament esdevindrà pur intrusisme professional o comercial que, en realitat, només pot introduir confusió en l'opinió pública i deformar la percepció social de les nanotecnologies. Això no és accessori. Per exemple, a l'estiu del 2007 el producte NanoMagic va haver de ser retirat dels supermercats d'Alemanya perquè va produir un centenar de casos de reaccions al·lèrgiques inesperades. El producte consistia en un aerosol per desinfectar banys i cuines. El producte no tenia cap tipus de nanopartícules o altre nanomaterial

**«SI LA SOCIETAT ACCEPTA,
APROFITA I UTILITZA ELS
DESCOBRIMENTS D'UNA
NOVA TECNOLOGIA,
ALESHORES AQUESTA
SOBREVIU; SI NO HO FA,
ALESHORES NO IMPORTA
COM DE BONA SIGUI
AQUELLA TECNOLOGIA,
PERQUÈ NO PROSPERARÀ»**

¹ <http://www.nanomagazine.co.uk/read.php?i=95>

² Terme encunyat el 1984 per R. Edward Freeman per referir-se a tots aquells que es poden veure afectats per les activitats d'una empresa.





© Victor Puentes

Macròfag, cèl·lula del sistema immune, responsable de mantenir la integritat del cos i prevenir –i lluitar en contra– les invasions externes processant una nanopartícula d'or internalitzada en un vesicle (endosoma). Aquesta partícula porta un recobriment proteic amb la intenció de presentar al sistema immune parts de la càpsida d'un virus amb intencions profilàctiques.

al seu interior, però el dissolvent vehiculador del dispersor era altament irritant.

Dit això, la comprensió i l'anàlisi del procés d'inserció social de les nanotecnologies ens porta a identificar els diversos *stakeholders* que participen en el fenomen, és a dir, els científics, els empresaris, els reguladors, els mitjans de comunicació i els ciutadans. Els objectius perseguits, les metodologies emprades i els criteris aplicats constitueixen, entre altres, factors que sovint porten a la divergència d'interessos. Mentre que els científics es mouen en l'àmbit de la verificació de les hipòtesis de treball (vertader/fals), els empresaris en l'àmbit de la rendibilitat de les inversions (pèrdua/guany), els reguladors en l'àmbit de les autoritzacions i prohibicions (subvenció/sanció) i els mitjans de comunicació en l'àmbit de la rellevància/irrellevància, els ciutadans, per la seva banda, a partir del collage resultant, construeixen una determinada manera de percebre la realitat nanotecnològica.

Una atenció especial hauria de dedicar-se al cas de l'amiant. Al principi s'utilitzava en els frens, els edificis i en in comptables aplicacions d'on no s'esperava que es

desprendria, però se'n va despendre. La següent observació va ser que s'acumulava als pulmons, però com que no provocava toxicitat aguda aquests fets es van ignorar irresponsablement durant anys, fins que un parell de dècades després es va enregistrar un augment significatiu dels càncers de pulmó en la població.

Com afirma Jassanoff (1990) «[...] en la ciència reguladora, encara més que en la ciència orientada a la investigació, no pot existir una veritat perfecta i objectiva» (citada per Irwin i Michael, 2003). És precisament l'absència d'una veritat científica perfecta en matèria de proves conclusives sobre els efectes d'algunes innovacions tecnològiques en la salut humana i, alhora, la necessitat d'emprendre accions reguladores, el que permet explicar la manera com es pot guiar la gestió del risc potencial associat al desenvolupament de les nanotecnologies. En un marc de comercialització de la nanotecnologia, l'establiment del principi de precaució pot esdevenir una manera de respondre precautòriament a un problema hipotètic que es troba en una àrea gris quant a les possibilitats de demostrar un dany sever per a la salut. En consonància amb la politització d'assumptes sanitaris i en el si d'un context de preocupació pública alertat pels danys derivats de les nanotecnologies, el principi s'establiria com un mecanisme que, d'una banda, ajudaria a incrementar la sensació de protecció del públic en un marc en el qual la ciència és incapaç de garantir un risc zero i, de l'altra, ajudaria a recuperar la confiança de les persones vers les institucions.

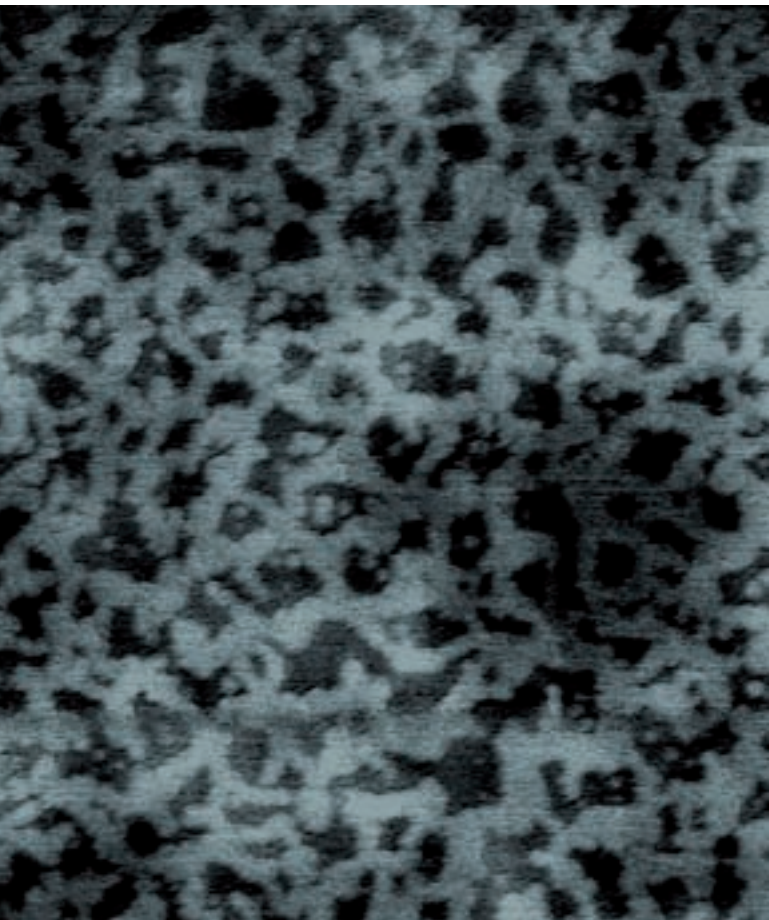
■ NANOINFO COM A RESPOSTA

De l'estat d'incertesa que caracteritza el desenvolupament de les nanotecnologies, es desprèn, per tant, que una confiança absoluta en la ciència esdevé insuficient per a proveir-se d'un coneixement concloent. D'altra banda, les limitacions del coneixement anticipatiu científic per determinar amb precisió els riscos a què estem exposats plantegen la necessitat d'abordar els problemes que generen els impactes del progrés científicotecnològic sobre el medi i les persones a partir d'un enfocament precautori que sigui capaç de reconèixer tant els límits de la prognosi científica com la complexitat dels sistemes sociotècnics que s'estudien, és a dir, que tinguin la capacitat de desenvolupar estratègies de control en contextos on domina la incertesa i no es disposa d'un coneixement segur sobre el risc futur.

El context actual de desenvolupament de les nanotecnologies demanda elevades dosis d'informació assequible al gran públic (nanoinfo), que permeti evitar posicions dogmàtiques a favor (nanoeufòria) o en contra (nanopànic); més encara quan alguns dels nanoeufòrics inicials



© Victor Puentes



Topografia magnètica obtinguda en un microscopi de força magnètica d'una monocapa incompleta de nanopartícules de cobalt de 8 nm de diàmetre. Aquest tipus de material s'ha estudiat per intentar assolir densitats d'enregistrament magnètic entre 100 i 10.000 vegades més altes que les actuals.

han esdevingut avui presoners del nanopànic, com és el cas de Roy Pat Mooney, autor de la cita que encapçala aquest article, ara dirigent del grup antinano ETC group.

És imprescindible que les ciències socials acompanyin el desenvolupament tecnològic i l'ajudin a introduir-se en el teixit social. Més enllà dels processos de participació i informació pública, convé aclarir els conceptes que s'empren per parlar de nanotecnologies. En l'oportunitat que ens brinda aquesta tecnologia emergent convergeixen els processos de diàleg amb el públic, el debat polític sobre la direcció que han de prendre i la formulació dels seus mecanismes de governança. No obstant això, i com que s'ha introduït tan recentment en la societat, l'aclariment conceptual sobre què és nano i què no, l'establiment de criteris científicoacadèmics en l'autodefinició sobre qui és nanotecnològic i qui no, s'erigeix en el primer repte.

**«LES PORS PÚBLIQUES
SOBRE ELS RISCS
TECNOLÒGICS SÓN MOLT
MENYS ATRIBUÏBLES A
LA TECNOLOGIA QUE
AL CONTEXT SOCIAL
I REGULATORI A QUÈ
AQUELLS S'ADHEREIXEN»**

En efecte, la complexitat de gran part dels sistemes tècnics s'explica no només pel seu caràcter merament tecnològic, sinó també per la resolució de determinades dinàmiques socials que s'originen com a conseqüència de l'emergència d'aquells. La percepció i el coneixement són parts importants de la comprensió pública de la ciència. Contràriament a allò que preocupa als científics, les pors públiques sobre els riscos tecnològics són molt menys atribuïbles a la tecnologia que al context social i regulatori en què aquells s'adhereixen. És per aquest motiu que alguns autors adverteixen que una mala comprensió de les preocupacions públiques incrementa la desafecció pública i, fins i tot, resta confiança en els científics i els cossos regulatoris. És per això imprescindible localitzar punts de trobada entre els diversos *skateholders*, ja que la confiança representa un paper molt important en el fenomen de l'opinió pública sobre la nanotecnologia. ☺

BIBLIOGRAFIA

- COBB, M. D. i J. MACOUBRIE, 2004. «Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust». *Journal of Nanoparticle Research*, 6 (4): 395-405.
- DUNKLEY, R. W. S., 2004. «Nanotechnology: Social consequences and future implications». *Futures*, 36: 1129-1132.
- ENVIRONMENTAL LAW INSTITUTE, 2005. *Securing the promise of nanotechnology: Is U.S. environmental law up to the job?* Environmental Law Institute. Washington, D. C.
- GARCIA, A., 2005. *Negociar el riesgo*. Ariel. Barcelona.
- IRWIN, A. i M. MICHAEL, 2003. *Science, social theory and public knowledge*. Open University Press. Berkshire.
- MACNAGHTEN, P., KEARNES, M. B. i B. WYNNE, 2005. «Nanotechnology, governance, and public deliberation: What role for the social sciences?» *Science Communication*, 27 (2): 268-291.
- MACOUBRIE, J., 2006. «Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government». *Public Understanding of Science*, 15 (2): 221-241.
- PENSE, C. M. i S. H. CUTCLIFFE, 2007. «Risky Talk: Framing the Analysis of the Social Implications of Nanotechnology». *Bulletin of Science Technology Society*, 27 (5): 349-366.
- PETERSEN, A., ANDERSON, A., WILKINSON, C. i S. ALLAN, 2007. «Editorial: Nanotechnologies, risk and society». *Health, Risk & Society*, 9 (2): 117-124.
- POWELL, M. C., 2007. «New risk or old risk, high risk or no risk? How scientists' standpoints shape their nanotechnology risk frames». *Health, Risk & Society*, 9 (2): 173-190.
- ROGERS-HAYDEN, T. i N. PIDGEON, 2007. «Moving engagement «upstream»? Nanotechnologies and the Royal Society and Royal Academy of Engineering's inquiry». *Public Understanding of Science*, 16 (3): 345-364.
- SALDAÑA, J., 2008. *NanoWiki. Tracking nanotechnology* [en línia]. Disponible en: <<http://www.nanowiki.info>>.
- SELIN, C., 2007. «Expectations and the Emergence of Nanotechnology». *Science Technology Human Values*, 32 (2): 196-220.

Victor Puntès. Institut Català de Nanotecnologia i Institut Català de Recerca i Estudis Avançats (ICREA). Barcelona.

Anna Garcia Hom. Centre de Recerca de Governança del Risc (GRISC), Universitat Oberta de Catalunya i Universitat Autònoma de Barcelona.

