

Victor Puentes. *Cobalt*, 2009. Fotografia digital, càmera UltraScan de Gatan, 50 x 70 cm.

CREATIVITAT AL SERVEI DEL FUTUR

EL NOU IMPULS DE LA NANOTECNOCIÈNCIA

Guillermo Muñoz-Matutano i Fernando Sapiña

Creativity at the Service of Future Progress: New Boom in Nanotechnology.

Currently, a host of research-project applications contain the prefix *nano*. However, this could be more-closely related to a new industrial explosion than with the emergence of new conceptual proposals. Society has also been touched by the euphoria that, in some cases, could be called a “craze”- but proposals from the most cautious sectors are far from science fiction. Among these we find Biomimetics, which takes as a reference point the solutions that living beings have adopted during the evolutionary process. By uniting these technical and academic visions we generate a third more realistic view of these pet hates. Perhaps this is an alternative that provides collective genius creatively and possibly sustainably at the service of future developments.

Han passat deu anys des que vam entrar en el segle XXI. És un interval de temps curt, però, al mateix temps, prou llarg perquè es puguin revisar les esperances i les il·lusions que vam posar en joc en aquell moment. Podem evocar el que va succeir en la ciència i l'art en la primera dècada del segle passat. En els dos àmbits es va jugar a l'evolució i a la revolució. Planck i Einstein són dos dels grans noms de la ciència d'aquella dècada. El vertiginós canvi en l'art va ser representat per noms tan coneguts com Picasso, Braque, Apollinaire, Matisse, Marinetti... Va ser el gran preludi dels grans avenços del coneixement, de l'adveniment de les avantguardes artístiques, dels contundents canvis socials que es van viure en les dècades posteriors.

■ NANOHISTÒRIA: ENTRE LA TECNOLOGIA I LA CIÈNCIA

A final del segle XX els termes *nanociència* i *nanotecnologia* van irrompre en els mitjans de comunicació. Des de llavors, la nanotecnociència ha esdevingut una de les àrees més desenvolupades i promocionades en els entorns econòmics i polítics. La nanociència pot definir-se com l'estudi de fenòmens i la manipulació de materials a escales atòmica, molecular i macromo-

lecular. La nanotecnologia, d'altra banda, és el disseny, caracterització, producció i aplicació d'estructures, dispositius i sistemes mitjançant el control de la forma i grandària a escala nanomètrica.

Des del naixement de la nanotecnociència s'ha anat construint una versió oficial de les seues característiques, dels seus àmbits de treball, fins i tot de la seua història. Les fites comencen usualment amb Feynman i la seua xarrada de 1959: «Hi ha molt d'espai ací baix» («*There's plenty of room at the bottom*»); amb l'ús del terme *nanotecnologia* pel professor Taniguchi, de la Universitat de Tòquio, el 1974; amb la invenció de les microscòpies de sonda el 1981; i amb el desenvolupament dels fullerenes i els nanotubs de carboni el 1985 i el 1991.

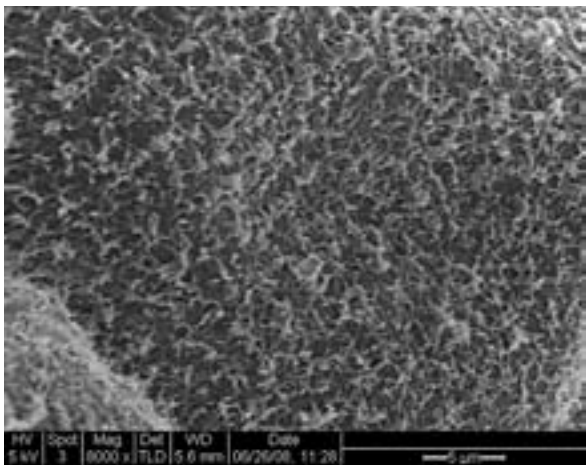
Aquesta història oficial de la nanotecnociència, però, potser oblida moltes dades més. Com Orwell ens advertia: «Qui controla el passat, controla el futur.» Hem de recordar que Faraday, en el segle XIX, va sintetitzar nanopartícules d'or al seu laboratori. Les microscòpies electròniques, desenvolupades a partir de 1931, són també tècniques fonamentals de la nanotecnociència. La xarrada de Feynman, tot i ser una de les referències més usades a l'hora de parlar d'aquesta àrea, en el seu moment no va tenir cap repercussió; va ser redesco-

«DES DE FINAL DEL S. XX,
LA NANOTECNOCIÈNCIA
ÉS UNA DE LES ÀREES MÉS
DESENVOLUPADES
I PROMOCIONADES
EN ELS ENTORNS
ECONÒMICS I POLÍTICS»



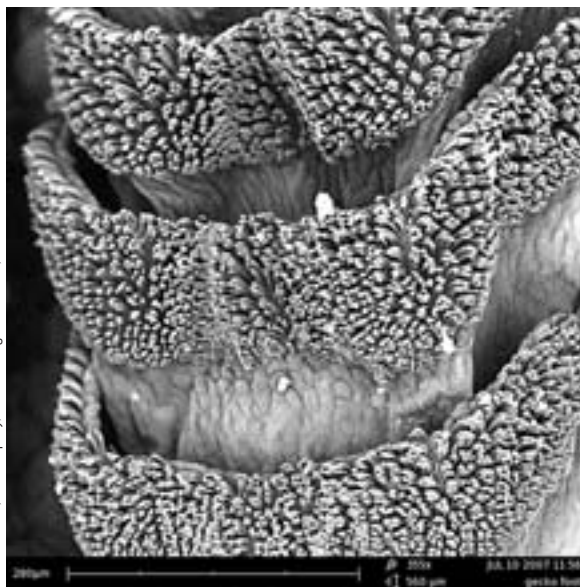


© A. Snyder, Exploratorium, NISE Network



© A. Marshall, Stanford University, Viz. Lab Image Collection, NISE Network

L'efecte lotus. Les propietats autonetejants de les fulles de distintes espècies de plantes es basen en el seu caràcter superhidròfob. L'aigua és repel·lida per la superfície de les fulles, i aquesta repulsió és deguda a una combinació d'una superfície microestructurada constituïda per les cèl·lules de les fulles, cèl·lules que, al seu torn, estan cobertes per cristalls de cera nanomètrics. Aquests cristalls de cera fan que la superfície de les fulles repel·lesca l'aigua, i aquesta propietat es veu incrementada per la rugositat de la superfície. Ambdós aspectes són fonamentals: superfície repel·lent a l'aigua i rugositat a escala micro i nanomètrica. Aquesta propietat permet que, amb una inclinació mínima de la fulla, una gota d'aigua es desplaça sobre la superfície i, en aquest procés, arrossega les partícules de brutícia que hi ha dipositades a sobre. Basant-se en la comprensió d'aquest efecte, s'han desenvolupat materials que permeten produir recobriments autonetejables. Aquests materials es poden incorporar a una pintura per a façanes o teixits.



El peu del dragó i d'altres rèptils, com el gecònid de les imatges, és un exemple de funcionalitat lligada a una nanoestructura. La capacitat que tenen els dragons d'escalar parets verticals o fins i tot de romandre ancorats als sostres, sostenint tot el seu pes, està relacionada amb l'estructura en forma de microfilaments dels seus peus. Cada un d'aquests filaments es divideix entre 100 i 1.000 espàtules de dimensions nanomètriques. Aquesta forma natural d'adhesió es podria reproduir per construir vestits o botes especials que facilitaren les escalades o els ancoratges fermes, la qual cosa podria ser de gran avantatge en els passejos espacials.

berta per Schneiker el 1985 i incorporada poc després a la història oficial. I, encara que s'assenyala que aquesta àrea és intrínsecament interdisciplinària, la veritat és que és complicat trobar grups de treball mixtos, on biòlegs, físics, químics... treballen realment braç a braç. S'ha suggerit que aquesta diferència entre el discurs oficial i aquest altre discurs que va sorgint gràcies a la feina dels historiadors de la ciència i la tecnologia es podria basar en els distints interessos de les companyies privades –tecnològics– i dels entorns acadèmics –científics–. Però avui dia les universitats cada vegada s'allunyen més d'aquesta antiga i potser obsoleta esplendor acadèmica i s'acosten més a la resplendor daurada de la gestió comercial i empresarial.

■ DE NANOMANIES I NANOFÒBIES

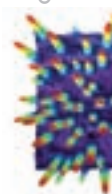
En aquest principi de mil·lenni, la nanotecnologia es manifesta com un dels vehicles existents més potents per reestructurar els models econòmics. Aquest progrés es basa sòlidament en el coneixement científic preexistent, encara que la nanociència actual també

s'aprofita de l'emergència d'aquestes noves tecnologies per desenvolupar nous coneixements i fites científiques. No obstant això, hi ha alguna cosa diferent que està apareixent i que s'anomena també nanotecnologia: un moviment social basat en paral·lelismes, aproximacions i esperances. En ciències socials, l'entusiasme popular per un conjunt d'esperances poc raonables i mal definides es denomina sovint *mania*. Estem parlant, doncs, de la nanomania. Aquest moviment va nàixer el 1986, quan Eric Drexler va publicar el llibre *Engines of creation* (“Motors de la creació”). Hi va fabular sobre el que seria possible si es pogueren crear assembladors nanomètrics autoreplicants. Drexler va suposar que, en el futur, seria possible construir nanorobots capaços de fabricar àtom a àtom qualsevol

objecte o dispositiu macroscòpic.

Molta gent ha arribat a la conclusió que aquests assembladors nanomètrics autoreplicants no sols són tèoricament possibles, sinó que es podran produir en un futur pròxim. Aquesta esperança de la nanomania ha donat lloc a una reacció en forma d'alerta, de nanofòbia: la por a tota mena de mals espantosos que puguin

**«HI HA ALGUNA COSA
DIFERENT QUE ESTÀ
APAREIXENT I QUE
S'ANOMENA TAMBÉ
NANOTECNOLOGIA: UN
MOVIMENT SOCIAL BASAT
EN PARAL·LELISMES,
APROXIMACIONS
I ESPERANCES»**





eixir de la caixa de Pandora de la nanotecnociència. El mal que més es coneix és el de la plaga grisa. Què succeiria si aquests assembladors escaparen del nostre control? Podrien dedicar-se a autopropagar-se perillosament. S'especula amb possibles accidents o fins i tot amb usos malintencionats: de la mateixa manera que la gent crea cucs i virus informàtics, algunes persones podrien decidir-se a crear una plaga d'aquesta mena.

No obstant això, des de l'entorn científic hi ha dubtes que aquests nanoassembladors artificials puguin ser una realitat, fins i tot a la llarga. Un dels investigadors crítics respecte a aquestes aplicacions va ser Smalley, premi Nobel de química pel descobriment dels ful·lerens. El que Smalley apunta és que hi ha problemes inherents que fan que aquests nanoassembladors artificials siguin físicament impossibles. No obstant això, les idees de Drexler es van inspirar en un sistema real d'assembladors nanoscòpics i autoreplicants: els mateixos organismes biològics. Aquests sistemes es poden definir com un conjunt de nanomàquines que s'autoassemblen, i que manipulen o produeixen altres estructures nanomètriques. Siga o no possible la construcció de futurs nanorobots nanoassembladors, la realitat és que nosaltres mateixos, a escala cel·lular i des d'un punt de vista biomolecular, som un exemple vivent d'aquest tipus de mecanismes autoreplicants. Però, a més, els éssers vius han fet servir les propietats dels materials nanoestructurats per trobar solucions a distints problemes.

■ BIOMIMÈTICA: INSPIRANT-SE EN LA NATURA

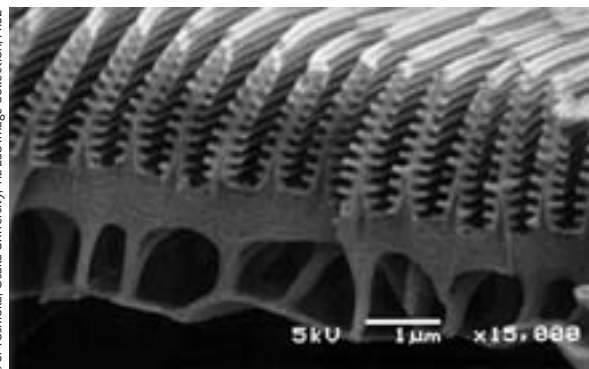
La natura ha dissenyat materials i estructures que generen variabilitat a través de mutacions i recombinacions i, després, ha seleccionat els que han estat més útils en l'entorn biològic en què es van desenvolupar. Durant milions d'anys els organismes han estat utilitzant i optimitant materials basats en biominerals que tenen propietats excepcionals. Tenim microesquelets, bioimants, dents, closques, ossos... Alguns investigadors, basant-se en aquestes observacions, van introduir el terme *biomimètica*, la comprensió de les solucions que la natura ha trobat per resoldre els seus problemes, i la comprensió de la manera com aquestes solucions poden ser font d'inspiració per resoldre els nostres problemes tecnològics. La biomimètica, per tant, es pot considerar com la transferència de tecnologia des de la natura a l'home.

En la dècada de 1970 es va realitzar al Jardí Botànic de Berlín un estudi sistemàtic de les característiques superficials de les fulles de distintes plantes, observant-les mitjançant microscòpia electrònica de rastreig. La metodologia experimental consistia a arreplegar les





© S. Yoshioka, Osaka University, Viz.Lab Image Collection, NISE
© Wikimedia Commons



La papallona *Morpho menelaus* és una espècie nativa d'Amèrica Central i Sud-amèrica. Els elements que constitueixen les ales d'aquesta papallona s'organitzen en nanoestructures periòdiques. La llum interacciona amb aquestes nanoestructures de manera que únicament es reflecteixen les longituds d'ona del color blau. Es produeix una coloració associada a la nanoestructura del material i no als seus constituents químics. Als laboratoris d'investigació s'estan dissenyant cristalls fotònics artificials que simulen aquesta interacció matèria-llum. Ja s'han construït possibles candidats de dispositius per a l'enginyeria de computació o la nanoòptica, així com per a noves aplicacions industrials, com ara pintures i tints de color canviant.

**«LA NANOMANIA HA DONAT LLOC
A UNA REACCIÓ EN FORMA D'ALERTA,
DE NANOFÒBIA: LA POR A TOTA MENA
DE MALS ESPANTOSOS QUE PUGUEN
EIXIR DE LA CAIXA DE PANDORA
DE LA NANOTECNOCIÈNCIA»**

L'art actual no és aliè a les noves tecnologies i als conceptes que sorgeixen en la nanotecnociència. Victoria Vesna i James Gimzewski han utilitzat la mateixa papallona morfo blava (a dalt) per construir una instal·lació artística titulada *Blue Morph* que es veu en la imatge de l'esquerra. La metamorfosi entre larva i papallona que es produeix en la crisàlide s'expressa com una metàfora d'una nanofàbrica natural. Els canvis biològics que generen la nanoestructura de les ales durant la metamorfosi apareixen en pics d'activitat sobtats, semblants als canvis que fan trontollar les borses monetàries.

© Dani Caparrós

fulles i preparar-les de tal manera que pogueren ser estudiades mitjançant la tècnica de microscòpia. Aquesta preparació requeria la neteja de les fulles. L'observació que hi van fer va ser, primer, que les fulles de certes plantes a penes necessitaven ser netejades i, segon, que les fulles d'aquestes plantes tenien una superfície molt rugosa. S'havia descobert l'efecte lotus: basat en la capacitat autonetejant de les fulles de *Nelumbo nucifera*. Aquest descobriment ha permès desenvolupar superfícies autonetejables.

També hi ha relacions entre les característiques d'alguns animals i insectes i la seua nanoestructura. Per exemple, com se sostenen els dragons en parets verticals? Com poden caminar sobre superfícies horitzontals boca per avall? Els peus del dragó estan recoberts amb infinitat de pèls molt fins, i cada un d'ells es ramifica al final en multitud de filaments amb forma d'espàtula, que tenen dimensions nanomètriques. Aquestes estructures s'adapten així a la rugositat de la superfície, de manera que la superfície total de contacte dels peus dels dragons és, comparativament, molt major que la d'animals que no tenen aquestes nanoestructures.

El color de les ales de les papallones i de les closques d'alguns escarabats no es basa en els pigments. En la seua superfície hi ha infinitat de diminutes escates nanoestructurades que manipulen la llum. En el cas de la papallona *Morpho menelaus*, l'ordre de les nanoestructures d'aquestes escates fa que la llum reflectida per les ales siga blava, mentre que el desordre en el cas de les escates dels escarabats del gènere *Cyphochilus* fa que la llum es reflectesca totalment: són d'un color blanc perfecte.

Tenim, per tant, una immensa àrea interdisciplinària en què convergeixen la biologia, la física, la química, la ciència i l'enginyeria dels materials, una ciència híbrida en què posar a prova els nostres coneixements, les nostres tècniques de caracterització i la nostra creativitat per respondre millor als reptes del futur. ☺

BIBLIOGRAFIA

BAIRD, D. et al. (eds.), 2005. *Discovering the nanoscale*. IOS Press. Amsterdam.
FORBES, P., 2005. *The Gecko's Foot: Bio-inspiration - Engineering New Materials and Devices from Nature*. Fourth Estate Ltd. Londres.
KOGON, B., 2009. *Nanotecnologia: què és i com ens afectarà? Informe científic per a la presa de decisions*. Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació. Barcelona.
MARTÍN-GAGO, J. A. et al., 2008. *Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Fundación Española de Ciencia y Tecnología. Madrid.

Guillermo Muñoz-Matutano. Investigador contractat, Institut de Ciència dels Materials, Parc Científic, Universitat de València.
Fernando Sapiña. Professor titular, Institut de Ciència dels Materials, Parc Científic, Universitat de València.

