



# Nanotecnologia il·limitada

Què és la nanotecnologia, d'on ve i què se'n pot fer? La natura inspira i permet crear noves nanoestructures o nanomaterials amb propietats sorprenents, i són molts dels camps en què la nanotecnologia pot aportar avenços interessants. Existeixen diferents sistemes que, gràcies a la nanotecnologia, mantenen les propietats funcionals durant més temps –la qual cosa n'augmenta la vida útil–, o mantenen la seva aparença superficial en millors condicions –amb un “envelliment prematur” menor del producte a ulls de l'usuari– o bé permeten reparar el producte i així evitar-ne els recanvis i les reparacions.

## Què és la “nanotecnologia”?

### El món del que és “nano”

Per explicar què és la nanotecnologia és imprescindible submergir-se al món del que és “nano”. El prefix “nano” prové del grec “nanos”, que significa “nan”. Actualment, la definició de “nano” correspon a la mil·lionèsima part, de manera que un nanòmetre resulta de dividir un metre en mil milions de parts iguals o, altrament dit, agafar un mil·límetre i dividir-lo en un milió de parts iguals. És probable que aquest segon apropament aportí una idea més clara de la mida a què ens referim quan parlem d'alguna cosa “nano”.

La nanoescala oscil·la fins al rang dels 100-200 nanòmetres (nm). Un pèl humà té un diàmetre de 90000 nm, un glòbul vermell té una mida aproximada de 7000 nm, la longitud d'ona de l'espectre visible fluctua entre els 400 i els 700 nm, un virus fa uns 100 nm i les hèlixs de l'ADN mesuren entorn de 2 nm. Aquesta comparació permet, d'una banda, situar l'ordre de magnitud de l'escala reduïda en què se situa la nanotecnologia i, de l'altra, introduir la nanotecnologia més experimentada i amb un superior nombre d'èxits: la natura.

### L'aprenentatge de la natura: nanobiomimètica

Des de fa milions d'anys, la natura practica enganxant àtoms entre si –cosa que desemboca en els principis de la nanociència–, a fi d'aconseguir estructures més grans: uneix molècules de cel·lulosa per construir fibres que, al seu torn, s'uneixen i formen matèries com el cotó, uneix proteïnes per generar fibres de col·lagen que generen els tendons, els cartílags, els músculs, la pell...; a partir de blocs a nanoescala, construeix elements amb dimensions de macroescala.

Així mateix, fa milions d'anys que la natura proveeix la flor de Edelweiss d'una nanoestructura filamentosa que les fa enormement resistents a les radiacions ultraviolades, la qual cosa permet a aquesta flor sobreviure a l'entorn on habita, les grans altures de muntanya (3000 m). Igualment, gràcies a la superfície nanoestructurada dels seus ulls, les arnes poden fer una captació més eficient de la llum, i així hi veuen millor de nit. Aquestes nanoestructures han inspirat la comunitat científica per millorar el rendiment de les cel·les solars.

També fa mil·lennis que uns llangardaixos anomenats *geckos* tenen als peus uns filaments més fins

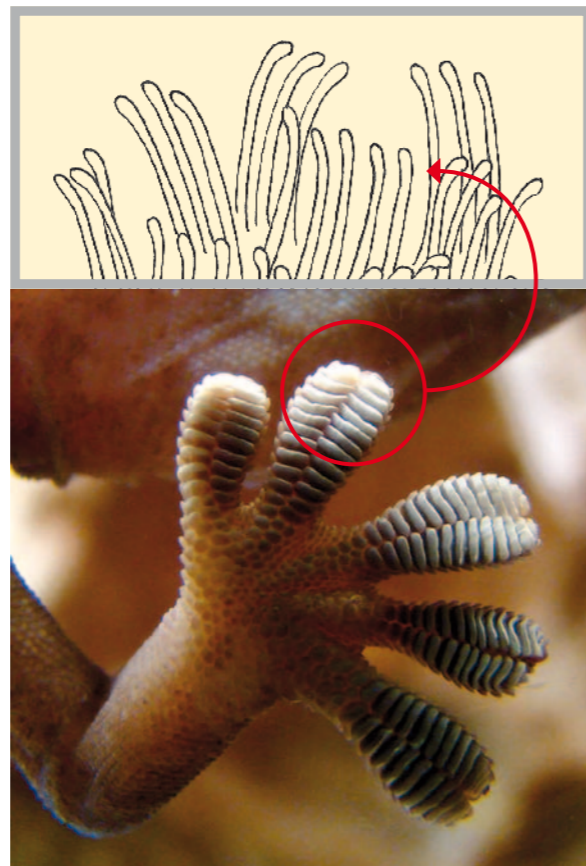
que els cabells humans, amb múltiples terminacions en forma de “nanobolets”, que els aporten una gran adherència en sec (sense substàncies adhesives), gràcies a la qual poden fins i tot enfilarse a les parets i desplaçar-se boca per avall. En aquest cas, la natura ens inspira per desenvolupar nous sistemes d'adhesius en sec basats en nanoestructures.

D'altra banda, les fulles de la flor de lotus presenten una superfície rugosa, amb nanocristalls de cera, que confereixen a la planta un efecte superhidrofòbic (de repel·lència a l'aigua): les gotes d'aigua no s'escampen a la superfície, la qual cosa, a més a més, manté neta la planta (quan cau a la superfície, l'aigua arrossega la brutícia que hi pugui trobar pel camí). Aquest exemple serveix d'inspiració a l'hora d'idear recobriments per crear superfícies antitiques, fàcils de netejar o autonetejadores mitjançant l'efecte hidrofòbic, cosa molt útil a les tapisseries de sofàs i cotxes, o fins i tot a la roba de feina.

#### Definició i aplicacions de la nanotecnologia

La nanotecnologia és la ciència aplicada mitjançant la qual es poden crear petits dispositius, materials o estructures a nanoescala, que aporten unes interessants propietats. És important destacar que les propietats dels materials que coneixem varien a nanoescala, atès que hi entren en joc factors com la superfície específica o els efectes quàntics. De fet, materials com l'or, quan es redueixen a partícules de mida nanoscòpica, poden canviar de propietats òptiques (les partícules de 12 nm d'or no són daurades, sinó d'un color vermellós) o fins i tot variar la temperatura de fusió (a macroescala es fon a 1060 °C i a nanoescala a uns 650 °C).

Gràcies a l'estudi de la natura i a la recerca en nanociència, avui dia es poden conèixer millor les propietats dels materials a nanoescala i, per tant, aplicar la nanotecnologia en multitud de camps, com per exemple<sup>1</sup>:



▲ Peu de Gecko (abaix) i esquema dels nanofilaments que faciliten la seva adhesió a la superfície (a dalt). © Wikipedia

## “Per obtenir els nanomaterials, s'adopten dos apropaments bàsics: el *top-down* (descendent) i el *bottom-up* (ascendent)”

- Acabats per a superfícies, que poden ser antifongs, antibacterianes, fotocatalítiques, antipollució, antitiques, repel·lents a l'aigua i l'oli, autonetejadores o fàcils de netejar, autoreparadores, antibaf, antireflexos o que fins i tot poden generar colors iridiscentos.
- Reforç de materials per obtenir materials nanocompostos. Els reforços poden ser tant nanopartícules com nanofibres, i també adquirir altres formes (sempre amb una de les dimensions, com a mínim, dins la nanoescala).
- En aplicacions tecnològiques, la nanotecnologia permet fabricar plaques solars més eficients, sistemes de filtració eficaços, petits dispositius per a monitoratge, ordinadors i telèfons mòbils més petits i més potents, etc.
- En medicina, s'està investigant l'ús de nanopartícules per generar nous sistemes de detecció i curació del càncer, per alliberar medicaments de forma localitzada i controlada (*drug-delivery*), etc.

La majoria d'aquests efectes s'aconsegueixen gràcies a l'aplicació de nanomaterials: nanopartícules, nanorecobriments, superfícies nanoestructurades, etc.

#### Fabricació de nanomaterials

Per obtenir aquests nanomaterials, s'adopten dos apropaments bàsics: el *top-down* (descendent) i el *bottom-up* (ascendent).

En el primer *top-down*, es parteix de partícules o blocs d'una mida superior a la nanoescala i se'n sostreu progressivament el material sobrant fins a assolir la forma desitjada i la mida nanomètrica. Podríem dir que és mètode anàleg a l'escultura del marbre, atès que es parteix d'un gran bloc i se'n va retirant material fins a obtenir la figura pretesa. Un exemple d'aquesta mena de mètodes és la litografia, que s'empra per fabricar els microxips dels ordinadors.

En el segon apropament *bottom-up*, s'ordenen i acumulen petits blocs fins a assolir la nanoestructura o el nanomaterial desitjat. En aquest

cas, l'analogia aplicable és el procés de construcció d'una paret, en què petits blocs de construcció (maons) s'apilen i arregen per aconseguir l'estructura que es pretén (paret). Un exemple d'aquest tipus de mètodes és la deposició química de vapors, en què la interacció d'un feix altament energètic amb un gas adequat produeix unes nanopartícules que es dipositen sobre un substrat i donen lloc a un recobriment d'uns quants nanòmetres de gruix.

#### Nanotecnologia i consum

La societat de consum actual “exigeix” d'alguna manera al mercat que la sorprengui amb noves propostes, noves solucions, noves tecnologies. Cada cop estem més envoltats de productes o dispositius d'altres prestacions en què la tecnologia té un paper clau. Les tecnologies de la comunicació en són un exemple clar. En pocs anys, el sector de la tecnologia mòbil s'ha reinventat. A un telèfon mòbil ja no li demanem tan sols que estem localitzables les 24 hores del dia, sinó també que sigui lleuger, efectiu, reciclable, segur; que tingui accés a Internet, aplicacions per jugar, connexió amb les xarxes socials, etc. El mateix podem dir dels ordinadors i altres dispositius electrònics com les tauletes tàctils o les consoles de videojocs. En un entorn on cada any sorgeixen avenços notables, aquesta societat consumidora de tecnologia se n'informa, s'hi interessa i busca els productes que li semblen nous i sorprenents.

Avui els nanomaterials es concentren en dos tipus d'aplicació, bàsicament: com a reforços en polímers (majoritàriament), que donen lloc a plàstics nanocompostos amb propietats interessants i millorades; o bé en forma de recobriments que contenen nanopartícules, i que confereixen acabats especials a vidres, murs, estructures d'acer, etc. Aquestes propietats interessants i aquests acabats especials, sumats a la demanda social de productes nous i sorprenents, són els que fan néixer un interès clar per la nanotecnologia. Aporten un gran valor afegit al producte, i a més es tracta d'un valor afegit altament funcional.

Per això la recerca sobre nanomaterials creix exponencialment i cada cop apareixen més productes basats en la nanotecnologia. Aquest ritme d'invest

<sup>1</sup> Ashby, M. F.; Ferreira, P. J.; Schodek D. L. “Nanomaterial Product Forms and Functions”. A: Ashby, M. F.; Ferreira, P. J.; Schodek D. L. *Nanomaterials, Nanotechnologies and Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009, p. 403-465.

tigació i desenvolupament de producte resulta tan vertiginós que al nostre entorn disposem de materials (nanocompostos, per exemple) fins i tot abans de saber com serà la seva gestió a la fi de la seva vida útil, o si podrien suposar un risc per al medi ambient o la salut. Avui dia no hi ha consens al respecte, tot i que s'hi fan esforços en aquest sentit. Ho demostra un important nombre d'estudis en què s'analitzen els efectes de les nanopartícules en la salut humana i en el medi ambient, recollits en articles de revisió<sup>2</sup>, d'organismes creats o adaptats per regular la normativa i la legislació, i d'iniciatives engegades per augmentar el coneixement sobre aquests nanomaterials<sup>3</sup>, com ara el projecte *Recytube*<sup>4</sup>, que intenta avaluar la reciclabilitat dels nanotubs de carboni, una de les nanopartícules de més interès actualment. De tota manera, val a dir que fa relativament pocs anys que se n'ha pres consciència. A la manca de consens abans comentada, s'hi uneix una demanda general d'informació i normatives. Resulta curiós el fet que la nanotecnologia estigués a l'abast fins i tot abans de definir-ne les normes d'assaig i etiquetatge o la nomenclatura.

La tendència actual pel que fa al consum, doncs, es pot resumir en una paraula: rapidesa. Els productes es compren i es reemplacen ràpidament per uns altres, perquè quan el seu aspecte difereix de l'inicial es considera que ja estan vells i cal canviar-los o, en el millor dels casos, reparar-los, repintar-los o embellir-los. Així mateix, el llançament d'un nou producte amb millors prestacions pot provocar un "obsolescència" de l'article. En aquest sistema i en l'entorn que es perfila des de fa alguns anys, el consumidor responsable busca productes de més qualitat i valor afegit que li permetin tenir l'article ade-

quat i en les millors condicions d'usabilitat durant més temps. És aquí on la nanotecnologia pot ajudar a aconseguir aquest valor afegit.

### Com permet la nanotecnologia allargar la vida d'alguns productes?

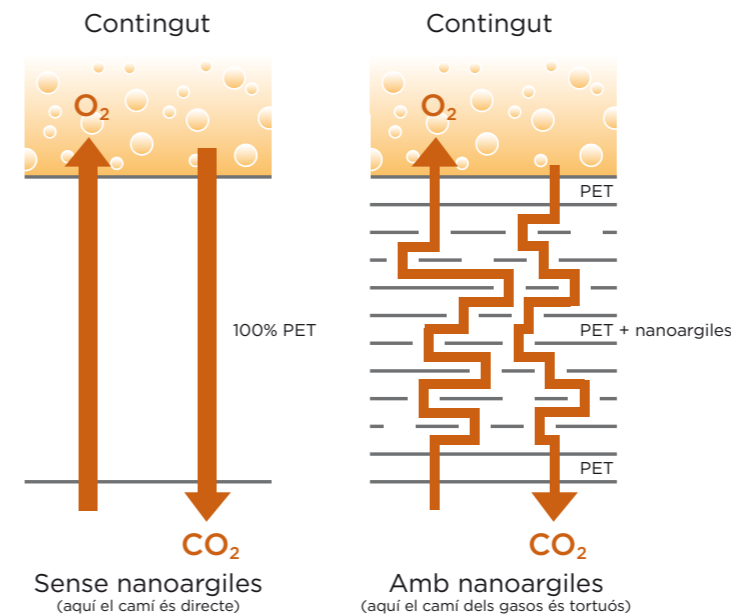
La nanotecnologia ofereix una gran varietat d'opcions i classificar-les és ben complex, atès que a vegades un mateix acabat proporciona diversos efectes de valor afegit. Des del punt de vista del producte, amb la voluntat d'explicar com la nanotecnologia

## “Un dels punts clau de la nanotecnologia és l'obtenció de nanocàrregues per reforçar polímers”

permet prolongar la vida dels productes, es plantejen tres escenaris: el manteniment de les propietats funcionals del producte durant més temps –cosa que n'allarga la vida útil–, la conservació de l'aparença superficial en millors condicions –amb un “envelliment prematur” menor a ulls de l'usuari– o bé la reparació autònoma –o més senzilla i ràpida– del producte, per evitar fer-hi reemplaçaments o actuacions costoses.

### Nanotecnologia per prolongar la funcionalitat del producte

Com s'ha apuntat anteriorment, avui un dels punts clau de la nanotecnologia és l'obtenció de nanocàrregues (com els nanotubs de carboni, els ful·lerens o les nanoargiles) per reforçar polímers. Amb quantitats molt petites, fins i tot d'entorn del 1-5 %, es poden modificar considerablement les propietats del plàstic. A més d'un reforç mecànic, és a dir, una millora de la resistència, les nanopartícules emprades poden millorar altres propietats molt interessants. Per exemple, l'adició de nanotubs de carboni permet obtenir un plàstic més resistent, però el material esdevé alhora un conductor elèctric (quan la naturale-



▲ Esquema 1

sa dels polímers és clarament aïllant). Igualment, un polímer que es reforci amb nanoargiles millorarà la seva resistència a la flama i les propietats barrera als gasos, entre d'altres. Aquests polímers reforçats poden utilitzar-se en forma de capes fines, que donen lloc als nanorecobriments.

Hi ha dos exemples clars de productes que prolonguen la seva funcionalitat gràcies a la nanotecnologia, perquè les seves propietats barrera als gasos n'allarguen la vida útil: les pilotes de tennis i els envasos de begudes gasoses. En tots dos casos, la dispersió adequada de nanoargiles a la matriu polimèrica crea una distribució de petits elements que dificulten el pas dels gasos. Tal com es veu en l'esquema 1, per travessar la paret, els gasos han de recórrer un camí tortuós que resulta més llarg i en dificulta el pas. D'aquesta manera, la permeabilitat als gasos es redueix: s'impedeix, d'una banda, que

els gasos de l'interior n'escapin amb facilitat, i de l'altra, que altres gasos de l'exterior hi puguin entrar sense dificultats.

En esports com el tennis, el bot de la pilota és essencial per al desenvolupament del joc. Aquestes pilotes amaguen a l'interior una esfera de goma que s'encarrega de contenir dins seu l'aire amb una certa pressió (per assegurar-ne el bot). Posteriorment, la pilota es recobreix amb un teixit de filaments grossos característics. La part interior de la pilota, l'esfera de goma, té una permeabilitat baixa als gasos, però no nul·la; a més, els fots impactes que rep durant el joc no faciliten el manteniment de la pressió dins la pilota. Per això les pilotes de tennis, a còpia d'utilitzar-se, deixen de botar adequadament i, com que ho hi ha cap mecanisme per inflar-les, cal retirar-les. És un producte amb una vida útil limitada. Tanmateix, l'aplicació d'un nanosegellador a l'interior (una capa fina de nanorecobriment) li atorga una barrera als gasos (per mitjà del mecanisme descrit anteriorment), amb la qual cosa la vida de la pilota es duplica<sup>5</sup>. La necessitat de reemplaçar el producte es redueix a la meitat, juntament amb les implicacions ambientals que comporta: menor quantitat de residus per gestionar i menor necessitat de matèries primeres. Amb aquest mateix concepte, pot millorar-se el comportament d'elements com les cambres d'aire de les rodes, si bé en aquest cas no s'allarga la vida útil del producte pròpiament dit, sinó que tot just se'n redueix la necessitat de manteniment (inflament de la roda).

En el sector de l'alimentació, les begudes gasoses i la cervesa, però també els productes alimentaris frescos com les carns envasades, pateixen especialment els efectes de la permeabilitat als gasos dels envasos, unes vegades perquè perden el gas que contenen i d'altres perquè hi entren gasos de l'exterior que perjudiquen l'aliment. Una forma de prolongar la conservació d'aquests productes alimentaris consisteix a proveir envasos que bloquegin adequadament el pas dels gasos. Hi ha nombrosos estudis sobre aplicacions de nanoargiles en matrius plàstiques diferents, desenvolupades per aportar un efecte barrera adequat als gasos, a fi d'aplicar-los

2 Maynard, A. D. "Nanotechnology: assessing the risks". *Nano Today*, vol. 1, núm. 2 (2006), p. 22-33.

3 Karluss, T. et al. "FORUM. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part VIII: International Efforts to Develop Risk-Based Safety Evaluations for Nanomaterials". *Toxicological Sciences*, vol. 92, núm.1 (2006), p. 23-32.

4 Proyecto *Recytube* [en línia]. [Consulta: 20 juny 2012]. Disponible a: <http://www.recytube.eu/>

5 InMat Inc. "New technology doubles the life of tennis balls" [en línia]. 2001. [Consulta: 13 abril 2012]. Disponible a: <http://www.inmat.com/newsdocs/InMat-Press-release.htm>

en envasos alimentaris. Fins i tot hi ha estudis per millorar aquesta propietat en polímers com el PLA<sup>6</sup>, un plàstic biodegradable, per a l'obtenció d'envasos amb propietats millorades, que a priori serien menys perjudicials per al medi ambient que la seva gestió final. A més, l'adició d'algunes nanopartícules als plàstics per a envasat<sup>7</sup>, com les nanopartícules de plata<sup>8</sup> (de propietats antibacterianes característiques), poden obtenir-se envasos actius<sup>9</sup> que ajudin a conservar l'aliment durant més temps.

En el cas de les ampolles de cervesa, tradicionalment s'han fet de vidre precisament per la impermeabilitat d'aquest material als gasos. Ara bé, aquests envasos són pesats i fràgils, cosa que comporta dificultats en el transport. Un envàs de plàstic convencional, però, no ofereix una bona barrera als gasos, de manera que no és una opció viable. Gràcies a la nanotecnologia, es poden fabricar envasos amb fines capes intermèdies (nanosegelladores) que continguin aquestes nanoargiles. El sistema proporciona les condicions adequades d'envasat, perquè evita tant que l'oxigen entri a l'envàs com que se n'escapi el diòxid de carboni.

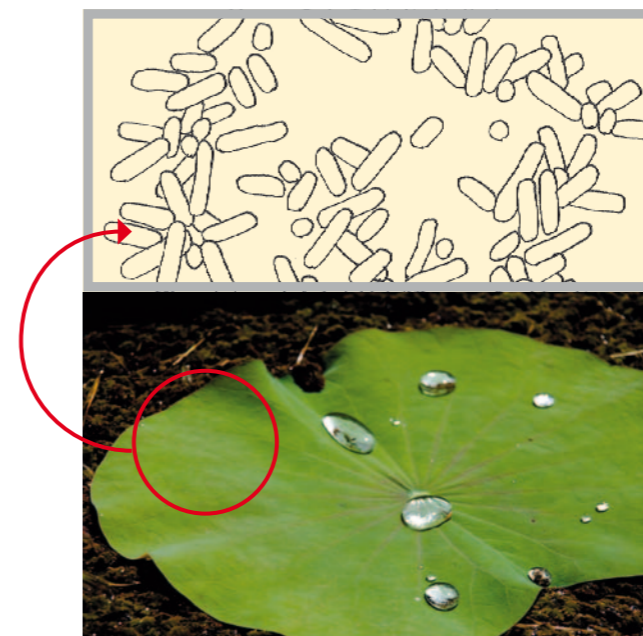
### Nanotecnologia per mantenir una bona apariència del producte

Fa temps que hi ha neveres amb superfícies metàl·liques que venen les seves propietats antiempres, o pantalons d'un teixit que repel·leix l'aigua i, per tant, també les taques. Des de recobriments antireflectors amb més resistència a les ratllades fins a murs antigrafit, la nanotecnologia disposa de moltes aplicacions en què és bàsic mantenir el bon aspecte del producte. En aquest tipus d'aplicacions,

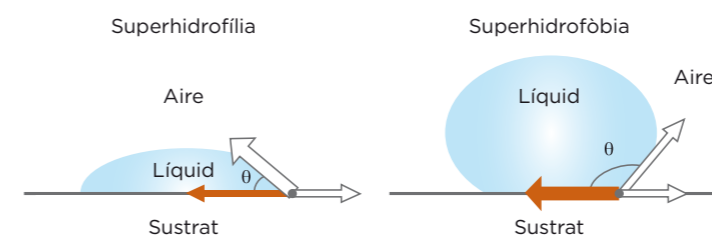
en què normalment es fan servir nanorecobriments, l'article prolonga la seva vida útil perquè es redueix la necessitat de reemplaçar-lo en deteriorar-se'n l'aspecte visual. També es considera que limitar la necessitat de manteniment allarga la vida del producte.

Per il·lustrar aquest segon escenari, s'analitza l'exemple de les superfícies autonetejadores, que es relaciona estretament amb el concepte de neteja fàcil o antitaques, entre d'altres<sup>10</sup>. Aquestes superfícies poden presentar dos sistemes totalment oposats: superhidrofobicitat o hidrofília. Tots dos sistemes juguen amb l'energia superficial per aconseguir que els líquids s'escampin del tot i mullin fàcilment la superfície (hidrofília), o bé que els líquids s'hi mantinguin a sobre en forma de gotes sense mullar-la (hidrofòbia). L'efecte presentat dependrà de l'energia superficial que calgui per crear una superfície líquid-aire. Si requereix molta energia, i l'energia superficial sòlid-líquid necessària és menor, la gota tendirà a maximitzar el contacte amb el sòlid i s'escamparà. Si en necessita poca i, en canvi, l'energia superficial sòlid-líquid necessària és superior, la gota tendirà a minimitzar el contacte amb el sòlid i adquirirà una forma arrodonida.

El sistema basat en la superhidrofobicitat, comentat anteriorment com a exemple de nanobiomimètica, es basa en l'efecte flor de lotus (esquema 2). Consisteix a aconseguir que la superfície sigui extremadament repel·lent a l'aigua, perquè les gotes (o les taques) hi llisquin per sobre sense mullar-la. L'efecte d'autoneteja s'esdevé perquè, quan l'aigua llisca sobre la superfície, n'arrossega possibles restes de brutícia, pols o altres residus. Un exemple d'aquest sistema és el dels teixits antitaques. Aquests teixits



▲ El sistema basat en la superhidrofobicitat es basa en l'efecte flor de lotus. © GJ Bulte



▲ Esquema 2



▲ Aquests teixits incorporen un acabat superficial de fluorocarbonis que els confereix, a la cara on s'aplica aquest acabat, una gran hidrofobicitat o repel·lència a l'aigua

incorporen un acabat superficial de fluorocarbonis que els confereix, a la cara on s'aplica aquest acabat, una gran hidrofobicitat o repel·lència a l'aigua. Per això, quan hi cau una gota de salsa de tomàquet o de soja, la taca llisca fins que se'n desprèn. Aquest mateix teixit, a la cara no tractada, pot absorbir perfectament l'aigua o la suor, la qual cosa el converteix en un material confortable i alhora funcional. Aquesta mena d'acabats pot utilitzar-se en teixits com tapisseries, roba de feina, corbates, calçat, etc. El resultat és una col·lecció de productes amb menys necessitat de rentats, un manteniment més fàcil i, en casos com les tapisseries d'alguns sofàs, que no es poden retirar, una vida útil considerablement més prolongada.

El segon sistema, basat en la hidrofília, és el que s'utilitza en vidres i murs per aconseguir aquest efecte autonetejador. En aquest cas, l'aigua, en contactar amb la superfície, s'hi escampa ràpidament, la mulla i crea una capa fina que, a causa de la gravetat, cau com una cortina i pel camí s'emporta la pols o altres residus. Aquesta mena d'acabats pot obtenir-se mitjançant nanopartícules de diòxid de titani (TiO<sub>2</sub>), que es poden aplicar com a recobriments transparents als vidres de grans gratacels o murs exteriors d'edificis. És lògic pensar que, gràcies a aquesta mena d'acabat, els vidres dels gratacels requeriran un manteniment menor o, si més no, el facilitaran, perquè n'hi haurà prou a mullar-lo. Aquests acabats també són útils a les llunes dels cotxes: no només en mantenen la visibilitat (la lluna es conserva neta), sinó que fins i tot la milloren en condicions extremes de pluja, de manera que esdevenen un sistema de seguretat. D'altra banda, gràcies a l'aplicació d'aquests productes, els murs exteriors es veuen més nets durant més temps, cosa que redueix la necessitat de pintar façanes, per exemple.

Aquestes nanopartícules de TiO<sub>2</sub>, però, no només aporten un efecte autonetejador a les superfícies; per la seva naturalesa peculiar, aquests murs també poden contribuir a netejar l'ambient (antipol·lució) i a evitar que hi creixin fongs que afectin l'aspecte visual de la façana. La raó és que les nanopartícules de TiO<sub>2</sub> tenen efecte fotocatalític. Quan

6 Picard, E.; Espuche, E.; Fulchiron, R. "Effect of an organo-modified montmorillonite on PLA crystallization and gas barrier properties". *Applied clay science*, vol. 53, núm. 1 (2011), p. 58-65.

7 Robinson, Douglas K. R.; Morrison, Mark J. "Nanotechnologies for food Packaging: Reporting the science and technology research trends" [en línia]. Observatory NANO, agost 2010. [Consulta: 17 juliol 2012]. Disponible a: <http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/Food%20Packaging%20Report%202010%20DKR%20Robinson.pdf>

8 Soutter, W. "Silver Nanoparticles as Antimicrobial Agent". [en línia]. 2012. [Consulta: 19 juliol 2012]. Disponible a: <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3056> Will Soutter

9 Silvestre, C.; Duraccio, D.; Cimmino, S. "Food packaging based on polymer nanomaterials". *Progress in Polymer Science*, vol. 36, núm. 12 (2011), p. 1766-1782.

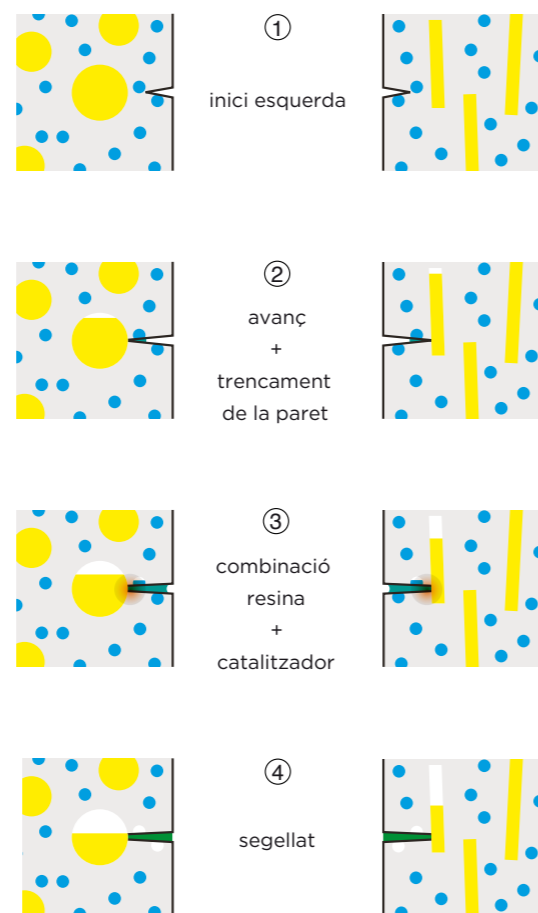
10 Greßler, S.; Fiedeler, U.; Simkó, M.; Gzásó, A.; Nentwich, M. "Self-cleaning, dirt and water-repellent coatings on the basis of nanotechnology". *Nano Trust Dossiers* [en línia], núm. 20 (2010), p. 1-6. [Consulta: 19 juliol 2012]. Disponible a: [http://epub.oew.ac.at/0xc1aa500d\\_0x0024fa56.pdf](http://epub.oew.ac.at/0xc1aa500d_0x0024fa56.pdf).

la llum ultraviolada hi interacciona, s'esdevé una reacció oxidativa d'elements orgànics, que afecta tant els bacteris i fongs (de manera que els murs no s'enverdeixin) com els compostos orgànics volàtils i  $\text{NO}_x$ , contaminants amb una presència molt important a l'aire de les grans ciutats. Es produeix una reducció d'aquests contaminants a diòxid de carboni, aigua i altres productes no tòxics, per la qual cosa es considera un sistema de purificació (fins i tot es poden eliminar olors). Aquest darrer cas és, a més, un exemple clar de com la nanotecnologia permet aportar un gran valor afegit al producte.

#### Nanotecnologia per reparar el producte

Avui dia hi ha uns quants productes basats en nanopartícules de cera que es comercialitzen per a la reparació de ratllades i l'abrillament de les carrosseries dels cotxes, per exemple. Ara bé, el punt fort que la nanotecnologia pot presentar en el futur és l'obtenció de materials que s'autoreparin, és a dir, que estiguin proveïts de sistemes "intel·ligents" capaços de revertir l'acció d'un dany mecànic, per exemple, sense que calguin actuacions costoses, així com els cargols tenen la capacitat d'autoreparar esquerdes i danys de la seva closca.

L'obtenció de pintures per a metalls que puguin revertir ratllades o esquerdes és important, perquè la pèrdua del recobriment en aquestes zones pot menar a la corrosió de la peça. També si aquestes ratllades tenen efectes estètics, com en el cas dels cotxes, s'hi poden estalviar diners i matèries primeres amb un recobriment autoreparable que eviti haver de tornar a pintar el vehicle. I en el cas de determinats blocs de material, com parets de ciment o rajoles, l'aparició d'una esquerda pot ser fatal per a la resistència de la peça. Per això l'eliminació d'aquests danys que actuen com a concentradors de tensions, amb la reducció consegüent de la possibilitat de fallada mecànica, pot resultar una aplicació



▲ Esquema 3

francament rellevant. Els sistemes d'autoreparació encara s'estan estudiant, però els coneixements actuals permeten pensar que en un futur no gaire llunyà podrem tenir alguns d'aquests sistemes prou desenvolupats.

El principi de funcionament més estudiat en autoreparació,<sup>11</sup> es basa en l'encapsulació d'agents curatius (resines polimèriques, bàsicament) a l'interior d'esferes o tubs que resulten relativament fràgils. Al material, doncs, s'hi introdueixen tant les càpsules com petites partícules que contenen el catalitzador adequat per a l'agent. Així, quan una esquerda avança per l'interior del material, les càpsules es tren-

quen i alliberen l'agent curatiu que, en reaccionar amb el catalitzador, generen una reacció guaridora: solidifiquen i segellen l'esquerda, com mostra l'esquema 3. Si bé la majoria de les investigacions s'han enfocat en la microescala, en alguns projectes s'estudia l'obtenció de nanocàpsules<sup>12</sup>.

## “L'aposta per la nanotecnologia a fi d'atorgar un alt valor afegit als productes els fa ser més eficients, requerir menys manteniment i ser més respectuosos amb el medi ambient”

#### Conclusions

S'han presentat diversos casos en què la nanotecnologia permet allargar la vida de productes mitjançant diferents mecanismes. Avui es poden trobar al mercat articles que fan servir la nanotecnologia (i sembla que la tendència és creixent).

D'altra banda, no hem d'oblidar que, abans que aquests productes arribin massivament al mercat, cal disposar d'una normativa clara i eficient que en permeti l'ús generalitzat sense que suposin un risc per a la salut i el medi ambient. Els nanomaterials no són perjudicials per definició, però sí que és important tenir-ne en compte certes consideracions, com passa amb un gran nombre de productes químics, les bateries o els medicaments, per exemple.

L'aposta per la nanotecnologia a fi d'atorgar un alt valor afegit als productes els fa ser més eficients,

requerir menys manteniment i, en el fons, ser més respectuosos amb el medi ambient, però això s'ha de fer tenint-ne en compte el cicle de vida. Així es podria plantejar la recuperació del residu, la qual cosa podria implicar un control més estret dels nanomaterials continguts (sistema de cadena de custòdia) i al reaprofitament, amb l'estalvi consegüent dels costos econòmics i ambientals.

Tot plegat porta a una pregunta: quin és el balanç de l'ús d'aquestes nanopartícules que són capaces de matar bacteris, tant si són perjudicials com si no, o que poden suposar riscos si no es controlen com cal? I resulta necessari plantejar aquesta pregunta perquè el progrés de la ciència (i també de la medicina) exigeix passar per aquesta "mida" per oferir novetats revolucionàries, perquè cal assolir les "propietats interessants" que els materials presenten a nanoescala per poder obtenir productes més lleugers, més eficients, més duradors, amb millors propietats, etc. Arribats en aquest punt, és important remarcar que, en el 7è Programa Marc d'R+D de la Unió Europea, una quantitat important de línies de recerca se centren en la nanotecnologia i l'estudi dels riscos que comporta<sup>13</sup>.

11 Ashby, M. F.; Ferreira, P. J.; Schodek D. L. *Op.Cit.*

Cho, S.H.; White, S.R.; Braun, P.V. "Self-Healing Polymer Coatings". *Advanced Materials*, núm. 21 (2009), p. 645-649.

12 Blaiszik, B.J.; Sottos, N.R.; White, S.R. "Nanocapsules for self-healing materials". *Composites Science and Technology*, núm. 68 (2008), p. 978-986.

13 Fries, R.; Gázsó, A.. "Research projects on EHS aspects of nanotechnology in the 7th Framework Program of the EU". *Nano Trust Dossiers* [en línia], núm. 30 (2012), p. 1-6. [Consulta: 17 juliol 2012]. Disponible a: [http://epub.oaaw.ac.at/Oxc1aa500d\\_0x002b2673.pdf](http://epub.oaaw.ac.at/Oxc1aa500d_0x002b2673.pdf).