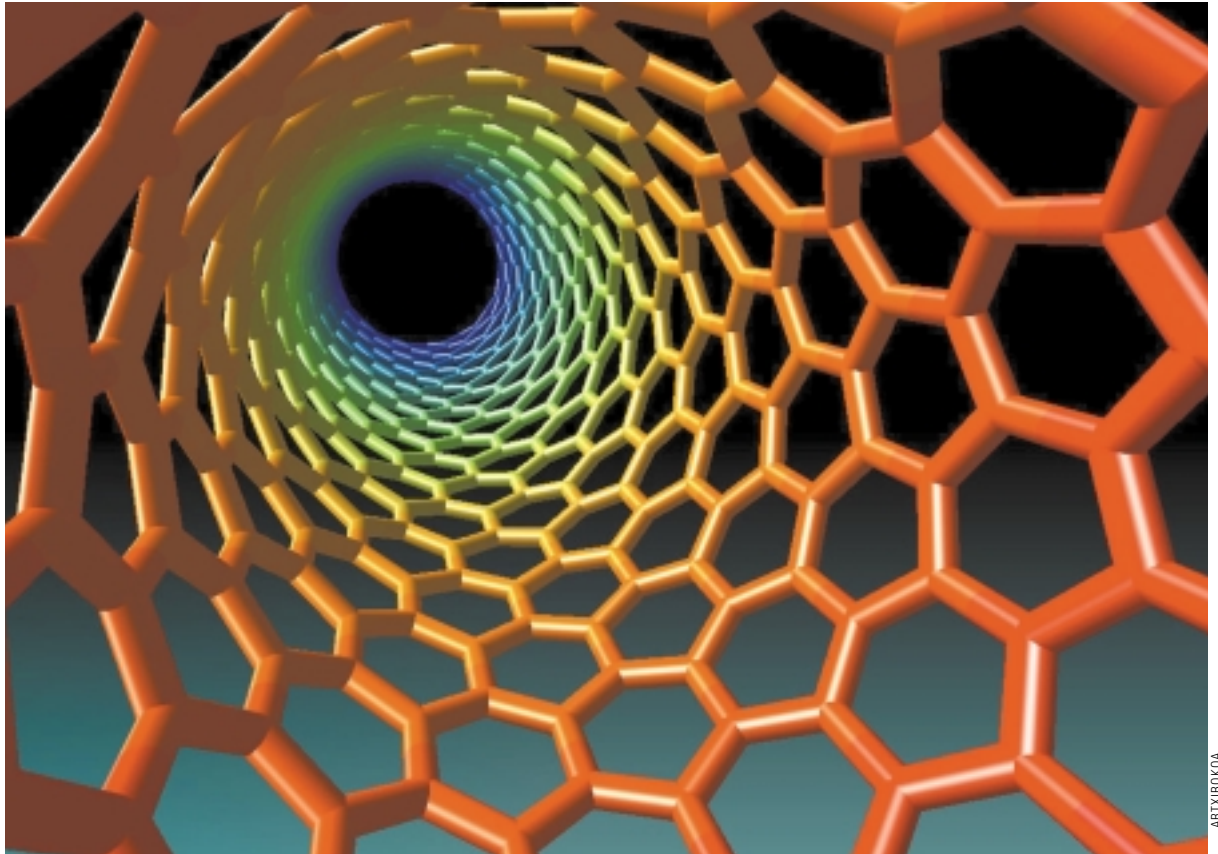


# Nanohodien nanomundua

**Nagore Rementeria Argote**

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



ARTXIBOKOA

**Urteak daramatzagu konputagailu geroz eta txikiagoak lortuz. Txipak, transistoreak, diodoak... begi hutsez ez ikusteko moduko tamainara iritsi dira. Baina arazoa potoloa da: nola konektatu halako pieza txikiak elkarren artean zirkuitu konplexuak osatzeko? Erantzuna nanohodien nanomunduan aurkituko dugu.**

GAIAK ZIENTZIA-FIKZIOA DIRUDI; gaur egun 40 milioi transistore sartzen dira zigilu batean! Muga non dagoen garbi dago, molekula mailakoak dira imajina daitzkeen tresnarik txikiak. Baina, gaitzango ote gara horraino iristeko?

Oraingoz mugatik nahiko urrun gauden arren, nanoteknologiak hartu duen garrantziak gaiaren dimentsioaren berri ematen digu. Ikertzaileek aplikazio gehiago aurkitzen dituzte egunetik egunera eta nanoteknologiaren aurkako mugimenduak ere sortu dira, teknologia berritzaileekin gertatu ohi den legez. Nanoteknologia begi onez ikusten ez dutenek poluzio-iturri gisa daukate, eta, berandu baino

lehen, sortutako hondakinek ingurumenean eta giza osasunean izan ditzaketen ondorioak ikertzeko eskatzen dute.

## Hodi nanoak baino zerbait gehiago

90eko hamarkadan molekula mailako tresnak egitea lortu zen arren, 2001. urtera arte ez zen lortu halako tresna ñimiñoak elkarrekin konektatzerik; orduan, oinarriko eragiketa konputazionalak egitea lortu zen. Horretarako material desberdinetako nanokableak erabili izan diren arren, karbonozko nanohodiak dira ikertzaileek gehien maite dituztenak.

Izan ere, karbonozko nanohodiek oso ezaugarri bereziak dituzte, eta, horregatik, erabilera asko izan ditzaketela uste da. Hasteko, atomikoki egitura berezia dute. Nanohodiak karbonoz osatutako hexagonozko sareak dira, zilindro eran biribilduta. Hexagonoen bihurturaren arabera, nanohodiaren propietate elektrikoak aldatu egiten dira; hala, eroaleak zein erdieroaleak izan daitezke.

## Hastapenetan baloia

Nanohodien jatorria fulereno izeneko molekulan datza. Fulereñoak baloi-itxurako egitura duten karbonozko molekulak dira. Bertan, karbono-atomoak hexagono eta pentagonotan bilduta daude futboleko baloi baten antzeko esfera bat osatuz. Atomo-kopuruaren arabera da molekula horren diametroa. Lehenengo ekoiztutakoak 60 eta 70 karbono-atomokoak izan ziren, egiturarik egonkorrenak ziren; baina dagoeneko badira 20, 32, 50 eta 540 atomoak ere, besteak beste.

Nanohodiak fulerenoaren eta grafitoaren egituren konbinazio gisa deskribatu izan dira; izan ere, grafitoarenak bezalako geruzaz osatuta daude.



Nanohodiak izango omen dira espaziontzien eta astronauten jantziaren osagai nagusiak etorkizunean.

*“geruza bakarrekoak dira nanozirkuituetan konexioak egiteko erabiltzen direnak”*

Geruza horiek zilindro eran daude tolestuta eta ertzetan fulerenoaren molekula-erdiak agertzen dira hodiak itxiz.

Karbonozko nanohodiak geruza ugari osatuta egon daitezke, tipuletan bezala bata bestearen gainean jarrita, baina geruza bakarrekoak dira nanozirkuituetan konexioak egiteko erabiltzen direnak, geruza askotako nanohodien egitura eta, ondorioz, eroankortasuna kontrolatzea oso zaila baita. Nanometro inguruko diametroa izan ohi dute, eta eroaleak izan behar dute, noski, baina ezaugarri nagusia da mihiztatze-gai direla; hala, zirkuituan bertan, beste nanohodi batzuei eta beste pieza batzuei lotzen zaizkie.

Ikus daitekeenez, karbonozko nanohodiak txip molekularrak egiteko ezin egokiagoak dira, baina teknologia-mota hori oraindik heldu gabe dago, eta baliteke aurrera egin ahala hain egokiak ez direla konturatzea.

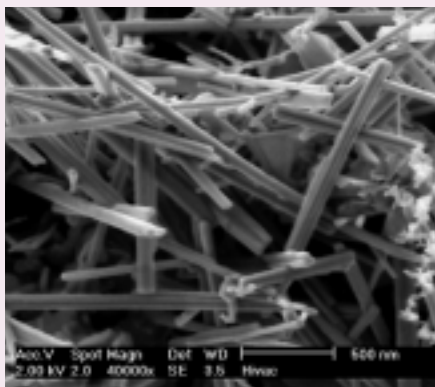
Oraingoz, behintzat, nanohodiek etorkizun handia dutela dirudi. Zirkuituetarako nanokableen lana egiteaz gain, dagoeneko badituzte beste aplikazio batzuk. Esaterako, SPM mikroskopian erresoluzioa hobetzea eragin dute, eta Samsung etxeak pantailetan koloretako irudiak dituzten tresnetan erabili ditu. ➔

## Beste material batzuetako nanohodiak

Teorian, egitura kristalino laminarra daukan edozein materialak osa ditzake nanohodiak. Dena dela, gaur egun karbonozkoak dira sintetizatzen errazena.

Hala ere, beste materialak ere ikertzen dira; hala nola, boro nitruoa, titanioa eta boroarekin, karbonoarekin eta nitrogenoarekin egindako konbinazioak. Batez ere, karbonozko nanohodiek ez dituzten ezaugarriak bilatzen dira beste materialetako nanohodietan.

Esate baterako, boro nitruozko nanohodiak oso interesgarriak dira guztiek propietate elektroniko berdinak baitituzte. Horrela, isolatzaileak diren arren, dopatuta gai dira korronte elektriko eroateko.



Karbonozko nanohodiak gas-sentsoreak egiteko erabiltzen diren arren, titaniozkoak paregabeak dira hidrogeno-sentsoreak egiteko. Izan ere, oso sentikorrak izateaz gain, behin eta berriz erabil daitezkeela ikusi dute.

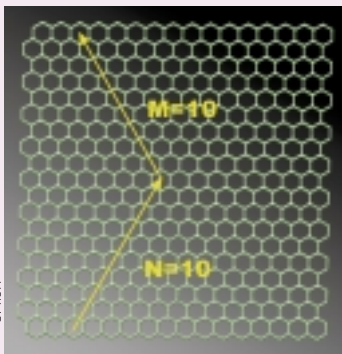
Oinarritzko ikerketa oraindik ez da iritsi nanohodiak osa ditzaketen material guztietara, baina patenteen guda dagoeneko hasi da, eta diru asko dago jokoan.

## Karbonozko nanohodien karakterizazioa eta sailkapena

Nanohodien propietateak egituraren araberakoak dira, horregatik da hain garrantzizkoa egituraren araberako sailkapena.

Egitura nolakoa den jakiteko, nanohodiak argia nola difraktatzen duen neurtzen da. Eta sailkapena kalkulu teorikoaren ondorio da. Imajina dezagun nanohodiaren loturak mozten ditugula ardatzarekiko paraleloa den lerro zuzen batean, eta hodia osatzen duen geruza zabaltzen dugula.

Azalera horretan ertzak lotzen dituen bektorea definitzen da, irudiko kasuan  $(N,M) = (10,10)$ .



G. ROA

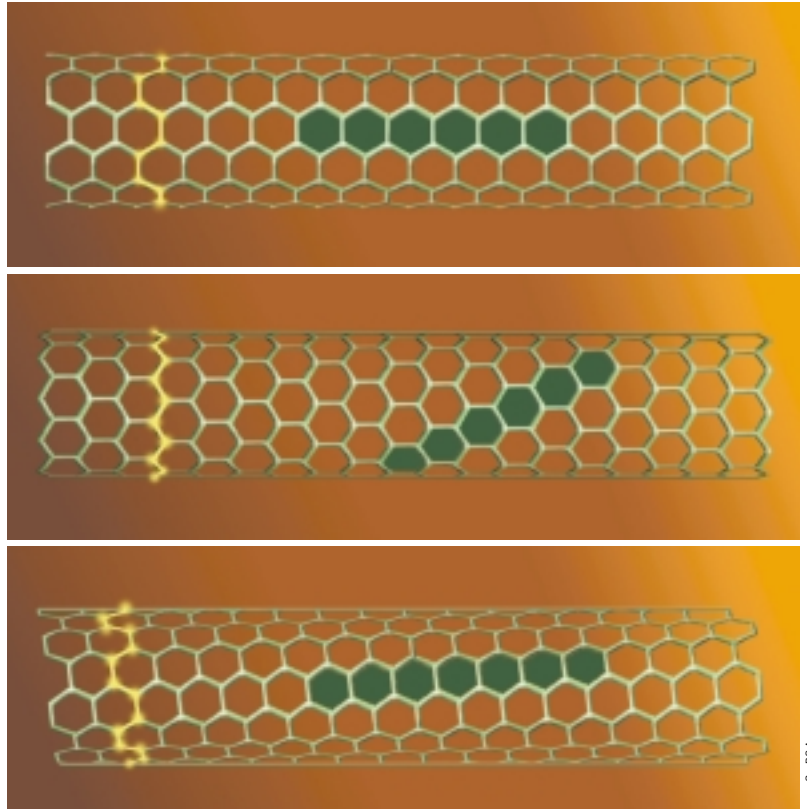
Bektore horrek hodia zehatz-mehatz karakterizatzen du. Horrela, milioika konbinaketa egon daitezkeen arren, sailkapen orokor bat egin daiteke.

- $N=M$  denean, besaulki erakoa da hodia.
- $M=0$  denean, sigi-saga erakoa.
- Beste kasu guztietan kirala da hodia.

Teorian, besaulki erako karbonozko nanohodiak metalak dira eroankortasunari dagokionez,  $N-M = 3n$  betetzen dutenak, berriz, erdieroaleak dira eta gainerako guztiak isolatzaileak.

### Erabilerak airean

Teorian, nanohodien ezaugarriak gehienak ezagutzen dira, baina praktikan zenbait ezin izan dira oraindik frogatu. Hala ere, kalkulu teorikoei esker, aplikazioak ia eremu guztietan izan ditzaketela uste da.



Goian besaulki-egiturako karbonozko nanohodia, erdian sigi-saga erakoa eta behean kirala.

G. ROA

*“etorkizunean autoen eta era guztietako aireontzien osagai nagusiak ez omen dira metalezkoak izango”*

Esate baterako, hegazkinen hegoak nanohodiz estaliz, energia estatikoaren eraginez sortzen diren txinpartek sutea eragitea eragotziko litzateke. Aeronautikan eta astronautikan ere buru-belarri ari dira espazio-ontzietan izan ditzaketan erabilerak ikertzen. Etorkizunean autoen eta era guztietako aireontzien osagai nagusiak ez omen dira metalezkoak izango, beste material batzuen txanda izango omen da, karbonoarena besteak beste.

Ehunen mundua ere astinduko omen du nanoteknologiak. Karbonozko nanohodiak tartekatuta dituzten ehunekin

balen aurkako jantzirik eraginkorrenak egingo dira, orain arteko sendoenak eta arinenak. Eta, irudimena aske utziz, nanohodietan oinarritutako ordenagailu txikiak dituzten arropak imajina ditzakegu, garbitzeko premia noiz duten abisatuko dutenak, edo bizi-konstanteen berri ematen dutenak, adibidez.

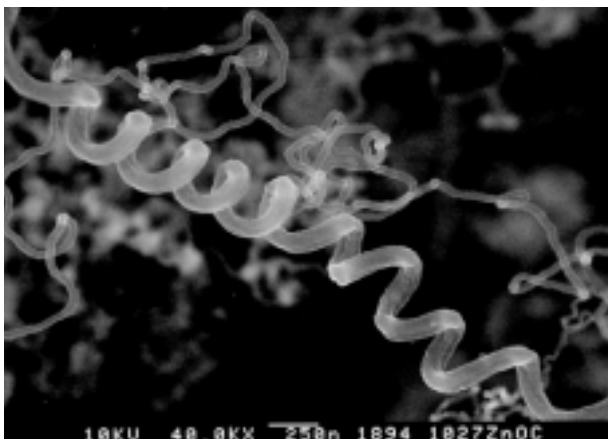
Ikus daitekeenez, erabilgarriak izan daitezkeen propietateak dituzte nanohodiek.

### Zientzia-fikzioa?

Irudimena astinduz jarraituko dugu. Etorkizuneko hiri batean, auto batek bazterra jo du; autoak matxurak ditu, baina segundo gutxiren buruan hasierako itxura berreskuratu du!

Agian, etorkizunean posible izango da halako autoak fabrikatzea; karbonozko nanohodiak erabiliz hori ere. Izan ere, hodi horien propietate deigarrietako bat elastikotasuna da. Asko oker daitezke hautsi aurretik, baina ez hori

Oso itxura desberdinetako nanohodiak daude, kiribilak, esaterako.



bakarrik, okertu dituen indarra gelditutakoan lehengo itxura berreskuratzeke gai dira. Beraz, autoen karrozzeria karbonozko nanohodiz eginez gero, istripu batean mailatu ondoren jatorrizko itxura hartuko lukete. Hala ere, ingeniariak lan handia egin beharko dute aurretik autoak errebotatzea nahi ez badute, kolpearen indarraz beraz.

### Ekonomia-kontuak

Material hori hain zoragarria bada, zergatik ez dugu dagoeneko egunero erabiltzen ditugun tresnetan aurkitzen? Galdera erraza da, baina erantzuna ez hainbeste; izan ere, erantzun posible bat baino gehiago dago. Diru-kontuak ezin dira ahaztu. Oraindik ez da lortu nanohodiak kopuru handietan ekoiztea; horrek esan nahi produktu garestia dela, azken urteetan etengabe merkatzen doan arren. Zenbait aplikaziotarako, karbonozko zuntzaren prezio bera izatea nahikoa izango litzateke ekonomikoki bideragarria izateko. Eta denborarekin ez dirudi helburua lortzea gaitza izango denik, sintesirako erabiltzen diren lehengaiak ugariak baitira, eta sintesi-prozesua bera ez baita garestia.

Beraz, ikertzaileen helburuetako bat karbonozko nanohodiak kopuru handietan erraz ekoizteko era bilatzea da, hau da, sintesia industrialki egiteko era aurkitzea.

*“ikertzaileen helburuetako bat karbonozko nanohodien sintesia industrialki egiteko era aurkitzea da”*

Oraingoz, hiru sintesi-bide erabiltzen dira gehienbat, baina horietatik bi industriara eramateko zailak dira eta lortzen diren produktuak purifikatzea ere ez da erraza. Hirugarren metodoan gas naturala erabiltzen da karbonozko nanohodiak prestatzeko; ondorioz, nahiko merkea da sintesia, eta produktuaren kopurua erraz kontrola daiteke; baina erreakzioan etekin handiagoa lortu beharko da produktu merkea nahi bada.

### Moore-ren legea

Asko hitz egin da 1965ean Gordon Moore-k eginiko iragarpenaz; bi hamar-kadatan, urtero konputagailuen kapazitatea bikoiztu egingo zela esan zuen. Geroago, iragarpen horri zuzenketa bat egin zion Moore berak, eta bikoiztea 18 hiletik behin gertatuko zela esan zuen.

*Moore-ren legea* bete egin da orain arte, konputagailuen tamaina txikitzen joan da modu esponenzialean. Baina nanometro gutxi batzuetako transistoreak lortzen hasi direnean, lege hori indarrean noiz arte egongo den kalkulatu nahian dabilta. Izan ere, konputagailu geroz eta txikiagoak eta datu-dentsitate handiagoak prozesu ditzaketenak egiten jarraitzeko ezinbestekoa da merkeak ere izatea, eta hain tresna txikiak egiteko teknologia oso garestia da, oraingoz behinik behin.

Dena den, etorkizunak baino ez daki aurrerantzean zer gertatuko den. Atomoen neurriko osagaiak dituzten konputagailuak, horietatik dira izan daitezkeenik eta txikiak, eta lehenago edo geroago gauzatuko dira. Nanoteknologia garatu ahala, Moore-ren legearen indarraldia amaitu egingo da ezinbestean.

Bestalde, kontuan izan behar da oso berria dela nanohodien teknologia, nahiz eta oso azkar ari den garatzen. Ondorioz, nekez gauzatuko dira iragarri diren erabilpen guztiak, eta, aldi berean, ikerketak aurrera egin ahala, aplikazio gehiago izatea ere espero da.

Nanohodien nanomundua jaio da eta zientzia-fikziozko film eta liburu-tako teknologia harrigarriak geroz eta errealagoak dira. Errealitatea irudimena baino urrunago iritsiko ote da? **□**



## AIZPURUA AUTOBUSAK S.L.

- FLOTA MODERNOA
  - LUXUZKO 42 BESALKIDUN AUTOBUSAK
  - KOMUNA ETA MAHAIK DITUZTEN AUTOBUSAK
  - 82 ESERLEKUKO AUTOBUSAK (2 SOLAIRU)
  - 22 ESERLEKUKO MINIBUSAK
- ETENGABEKO ZERBITZUA

AURREKONTUA  
KONPROMISORIK GABE

 943 363 290  
Faxa: 943 363 296