

## Amaia Zurutuza Elorza

Grapheneako zuzendari zientifikoa

*“Espero dut aplikazioak merkatuan egotea gizarteak interesa galdu aurretik”*

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia  
Argazkiak: Jon Urbe/@Argazkipress



---

Material bidimentsionalen aroa iritsi da teknologian. Grafenoa izan zen aurkitzen lehenengo, baina horrek mundu berri baterako ateak ireki besterik ez zuen egin. Zenbat aplikazio harrigarri irudikatuko ote zituzten zientzialariek eta ingeniariak orduz geroztik! Amets horien guztien euskarri da Graphenea, Donostian, eta hango zuzendari zientifiko Amaia Zurutuzarekin bildu gara. Eskuetan grafenoz egindako dispositiboak dituela azaldu da.

**Itxaropen handia sortu zen grafenoaren inguruan, duela urte batzuk. Zuk zeuk zeure ikerketa-esparrua utzi eta grafenora egin zenuen salto, bete-betean, modako materialera. Nola izan zen?**

Ni ikerketa farmazeutikoan ari nintzen orduan, atzerrian. Polimeroak ikertzen nituen, botiken dosiak kontrolatzeko polimeroak. Saiatu nintzen Euskal Herrira itzultzen, eta nanoGUNEren iragarki bat ikusi nuen, grafenoaren alorreko enpresa berri batean lan egiteko eskaintza zuena. Ez nekien grafenoa zer zen ere, baina aplikazio aldetik denetarik egin zitekeen harekin, eta horrek erakarri ninduen. Ni lanean hasi eta handik oso gutxira, Nobel saria eman zieten grafenoa aurkitu zutenei, eta ordutik aurrera espontzialki hazi zen grafenoarekiko interesa, baita gizartean ere.

**Munduko grafeno-ekoizlerik handienetakoa bihurtu zarete zuzenean, ezta?**

Bai, merkatua oso txikia da. Oraingoz ikerketan erabiltzen da soilik; ezin dira ekoizle asko izan. Iaz, 16 milioi euro eman zituen mundu osoan. Datu gisa, Samsung enpresa ez da sartzen merkatu berri batean, baldin eta merkatu horren tamaina ez bada, gutxienez, bilioi bat dolarrekoa. 16 milioi euro sosa besterik ez da haientzat.

**Itxaropen ikaragarria dago jarrita grafenoan, baina, berez, material oso xumea da: karbono hutsez eratutako xafla fin-finak. Zerk egiten du hain berezi?**

Simplea da, bai. Grafitoa —arkatzaren osagai nagusia— garbitzen ari zirela aurkitu zuten. Grafitoaren geruza indibidual bat da. Karbonoek egitura

hexagonala hartzen dute, erlauntzen gisara, baina atomo bakarreko lodiera duen xafla sortuta. Bidimentsionala da. Grafenoaren ezaugarri berezia da elektroiak ikaragarri azkar mugitzen direla xafla monoatomiko horietan, masarik ez balute bezala. Eraztun asko dituenek, elektroiak deslokalizatuta daude material osoan. Ez dute oztoporik mugitzeko. Hala, grafitoan elektroiak azkar mugitzen badira, grafenoan askoz ere azkarrago. Adibidez, silizioan, asko jota,  $1.000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ -ko abiadura mugitzen dira, eta grafenoan,  $200.000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ -koa izan daiteke.

Elektroiak hain azkar mugitzeak erabilgarritasun handia emango dio elektronikan. Abiadura horren erakusle da orain dela gutxi 5G telekomunikazioetarako atera den aplikazio interesgarri bat: segundo bakar batean 25 film jaistea ahalbidetuko luke grafenoak.

**Oraingoz ez da iritsi aplikaziorik merkatura, baina zertan dira grafenoaren azken prototipoak?**

Bada, prototipo on piloa dago. Adibidez, optoelektronikan, aplikazio interesgarria da fotodetektagailuena: gaueko ikusmena duten kamerak garatzen ari dira, kotxeetarako. Telekomunikazioetan ere garatzen ari dira aplikazioak, zuntz optikoetan silizioarekin konbinatuta erabilia. Horiei ikusten diet, bereziki, etorkizun handiena. Duela bizpahiru urte mugikorretarako pantaila malguak egiteaz ere hitz egin zen. Gertatzen dena da mugikor osoak izan beharko lukeela malgua, bestela ez du zentzurik. Eta, oraingoz, ezin da halakorik egin.

## “Grafenoaren supereroankortasuna izan da aurten hot topic”

Medikuntzaren alorrean, adibidez, biosentsoreak garatzen ari dira. Biomolekulek oso interakzio ona dute grafenoaren eraztun aromatikoekin. Eta proportzioan oso azalera handia duenez grafenoak, oso azkar hautematen du biomolekuletan gertatzen den aldaketa oro, interakzio oro. Adibidez, odolean biomarkatzaileak aurkitzeko balioko luke.

Garuna estimulatzeko elektrodoak ere garatzen ari dira. Orain erabiltzen diren elektrodoak platinozkoak dira, oso zurrunka eta lodiak, eta grafenoa geruza bakarrekoa izanik, askoz ere estimulazio hobea egiten du garunean. Animalietan egin dituzte probak jada. Hemendik aplikazio ugari erator litezke, garuna estimulatu eta gaixotasun asko sendatzeko.

### **Grafenora salto egin zenuenetik, grafenoaren inguruko zein aurkikuntza izan da zugarria handiena sortu duena?**

Bada, oraindik ere sorpresa piloa ematen duen materiala da. Denak dira interesgarriak, baina aurtengo *hot topic* izan da supereroankortasunarena. Grafenoaren bi geruza gainjartzen badituzu angelu jakin batekin, grafenoak supereroankortasuna azaltzen du. Hori imajinatu ere ez genuen egiten duela urte bat edo bi. Emango du zeresana!

### **Aurkitutako lehenengo material bidimentsionala da grafenoa, baina aukera ireki du beste asko lortzeko. Zer ezaugarri berezi du bidimentsionalitateak, ohiko material tridimentsionalen aldean?**

Elektroiek desberdin jokatzek ematen dizkie gaitasun berriak. Grafenoan, adibidez, elektroiak azkarrago mugitzen dira; molibdeno disulfuroz egindako geruza bakunetan, ordea, argia desberdin xurgatzen dute: askoz ere argi gehiago igortzen du

geruza bakarra egonda, hiru geruzak baino. Azkenean, material tridimentsionalak ezagutzen ditugu, baina findu eta bidimentsionala lortzen dugunean, beste ezaugarri batzuk azaltzen dira. Eta esaten duzu: “Uau!! Zelan emititzen du hainbeste argi, ez badago ia materialik!”

### **Edozein material tridimentsionalen bidimentsionala lor genezake?**

Gutxi gorabehera. Askorekin bai, denekin ez. Une honetan, zientzialariak saiakera handiak ari dira egiten material bidimentsionalak sortu eta ezaugarri berriak bilatzeko. Eta material askorekin lortu da. Gertatzen dena da material bidimentsional guztiak gero ez direla erabilgarriak.

Saiatu dira, esaterako, silizio bidimentsionala sortzen: silizenoa, grafenoaren baliokidea izango litzatekeena. Baina ez da egonkorra. Egonkorra balitz, izango lituzke ezaugarri interesgarriak, agian; baina ez da egonkorra. Germanioarekin ere saiatu dira, eta hori ere ez da egonkorra. Ezin da ekoitzi. Fosforoz egindako beste bat ere badago, fosforo beltza, eta horretan ere elektroiak oso azkar mugitzen dira. Ikusteko dago.

### **Hortaz, errealitatean atomo guztiak ez dute balio horrelako egitura sortzeko?**

Bueno, galdera zaila da. Adibidez, egitura hexagonalak izaten dira termodinamikoki egonkorrenak, eta horrek asko baldintzatzen du. Karbonoa oso atomo berezia da, egitura espazial asko sortzeko aukera ematen duelako, eta ia denak egonkorak. Diamantea bera egonkorra da, nahiz eta sortzeko oso baldintza gogorrek behar diren. Karbonoaren berezitasuna da.





### **Oraingoz, zer material bidimentsional egonkor lortu dira?**

Adibidez, badago bat, grafenoaren oso antzekoa: boro nitruro hexagonal. Karbonoa beharrean, boroa eta nitrogenoa ditu egitura hexagonal hori osatzen. Kasu horretan, elektroiak ez dira azkar mugitzen, baina material isolatzaile oso ona da. Horregatik, propietate interesgarria du: substratu gisa erabil daiteke grafenoarentzat. Izan ere, edozein aplikaziotarako grafenoa substratu baten gainean jarri ohi dugunez, substratu horrek inpaktu bat du grafenoaren elektroieta; jada, ez dira hain azkar mugitzen. Baina material isolatzaile hori jartzeko badugu substratuaren eta grafenoaren artean, elektroi horiek oraindik azkarrago mugitzen dira. Hori egiten ari gara oraintxe bertan.

Eta badaude material bidimentsional gehiago: molibdeno disulfuroa ( $\text{MoS}_2$ ), wolfram disulfuroa ( $\text{WS}_2$ ), wolfram diseleniuroa ( $\text{WSe}_2$ ) eta abar. Horiek denak erdieroaleak dira, silizioaren antzerakoak. Ez dute egitura hexagonalik, eta ez dira egitura monoatomikoak, hiru atomoko geruzak baizik. Gero eta gehiago sortzen ari dira.

### **Esperantza handia dago jarria material bidimentsionaletan, eta inbertsioa ere horren parekoa da, ezta?**

Europak estrategikoki erabaki zuen dirua grafenoan inbertitzea. *Graphene Flagship* proiektua sortu zuen eta horrek indar handia eman dio. Hamar urtean, bilioi bat euro inbertituko du. Ez da Europaren apustu bakarra, noski. Hamar urteko beste proiektu handi bat finantzatu zuen: *Human Brain Project*, superkonputagailu bat sortzekoa.

### **Hainbeste lan egin eta gero, grafenoaren bidez errealtate bihurtutako zein aplikaziok beteko zintuzke gehien?**

Niretzat, grafenoa produktuetan ikuste hutsa ikaragarria litzateke, 8 urte eman baititugu ikertzen. Baina badakigu pazientzia behar dugula, material berri orok urte pilo behar baitu merkaturatzeko. Silizioaren kasuan, 20 urte baino gehiago pasa ziren ordenagailuetarako transistoreetan erabiltzen hasi zen arte. Eta orain merkaturatzen duen inpaktua izugarria da.

*“Batuetan, ez da erraza grafenoaren inguruko eskaera mediatikoak kudeatzea”*

Baina aplikazio bat aukeratu beharko banu... Bueno, fotonikan edo elektronikan erabiltzea oso egokia litzateke; baina bakarra aukeratu beharko banu, agian, biomedikuntzan. Biosentsore on bat nahiko nuke etxean bertan, une batean jakiteko, adibidez, minbizia duzun edo ez.

### **Grafenoan hainbesteko itxaropena izateak presio sozial eta mediatiko handia eragin dezake iker-tzaileengan. Zuk nola bizi duzu: zama duzu edo lanerako motibatzen zaitu?**

Batuetan ez da erraza eskaera mediatiko horiek kudeatzea. Baina nik uste, oraingoz interesa positiboa dela. Garrantzitsua da gizarteak interesa izatea grafenoan, horri esker lor baitaiteke inbertsiorako dirua. Hori bai, espero dut aplikazioak merkaturatzen egotea interes hori galdu aurretik. ●