

# KRISTALAK BAI, BAINA ISURTZEN DIRENAK

Antton Santamaria\*

*Azken urte hauetan asko hitz egiten da kristal likido direlako materialei buruz. Batez ere ordenadoreen munduan —eta batipat eramangarri diren mikroordenadoreen kasuan— sarritan ikus ditzakegu L.C.D. siglak (alegia, Liquid Crystal Display edo kristal likidoz osatutako pantailak).*

*Baina kristal likidoen atzean, pantaila modura erabil daitezkeen materialez gain, badago aplikazioz eta oinarrizko zientziaz beterik dagoen mundu zabal eta interesgarri bat.*

**K**RISTAL likidoak, izenak adierazten duen bezala, material likidoak dira: isurtzeko gai direnak, beraz. Baina bestalde kristalak direnez, nolabaiteko ordenamendu, anisotropia edo delako mesomorfismo bat adierazten dute. Ez dira bada, isurtzen diren likido isotropikoak bezalakoak. Duela 100 urte antzeman zen horrelako materialen existentzia eta geroztik hainbat kristal likido aurkitu izan da. Horien artean substantzia natural eta biopolimero anitz: kolagena, tabakoaren mosaiko-birusa, kolesterola, poli(bentzil —L— glutamatoa), zelulosaren zenbait deribatu etab.

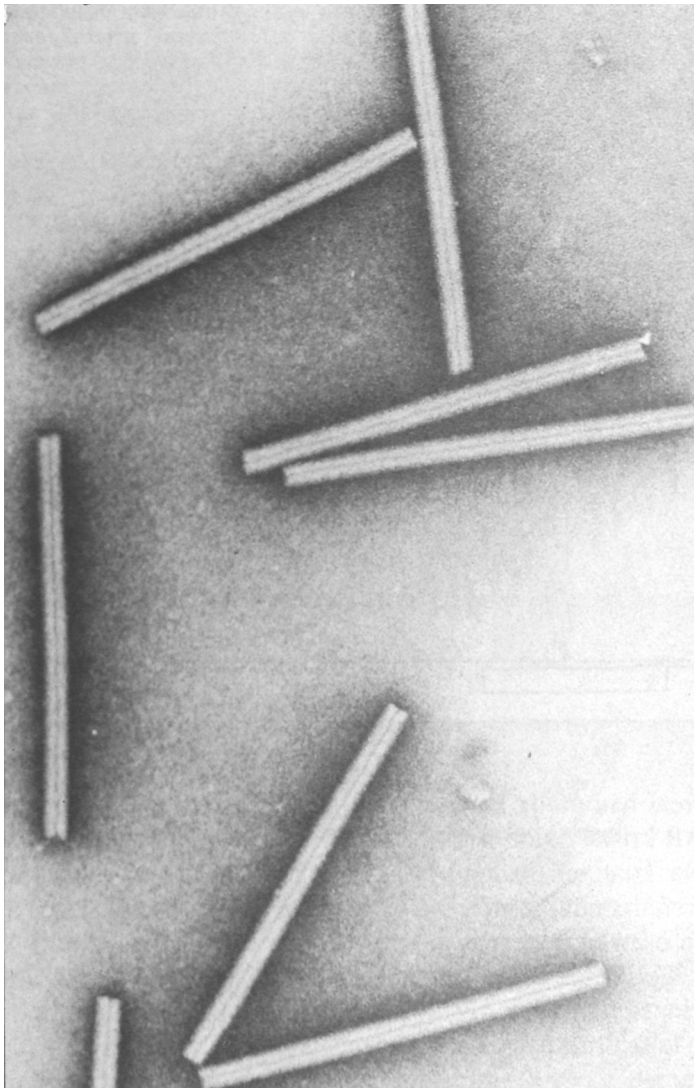
Kristal likidoak, liotropikoak ala termotropikoak izan daitezke. Lehenengo kasuan kristaltasun-egoera (ordenamendu, anisotropia edo mesomorfismo hitzekin adierazten duguna) disolbaturik dagoen sistema batean agertzen da. Sistema termotropikoetan, berriz, likido liskatsu baten aurrean aurkitzen gara, bere beira-trantsizioko tenperatura edo bere fusiozko tenperatura gauditua izan delako. Ordenamendu-klaseari dagokionez, honako sailkapena egiten da: sistema nematikoak (ordenamaila azaltzen dutenak), sistema kolesterikoak (ordenamaila ertainekoak) eta sistema smetikoak (ordenamaila handienekoak).

## **KOMERTZIALKI GEHIEN EZAGUTZEN DIREN KRISTAL LIKIDOAK**

Optikan eta optoelektronikan erabiltzen diren materialak, kolesterikoak (“twisted nematic” ere deitzen zaie) izaten dira. Sistema hauetan molekulen ordenamenduaren norabide nagusia planoz plano aldatzen da, ondoko irudian ikus daiteken bezala; materialak isladatzen duen uhin-luzera  $\lambda = np$  da,  $n$  errefrakzio-indizea delarik eta  $p$ , molekulen norabide nagusia  $2\pi$  angelua bira dadin behar den distantzia.

Aplikazio praktikoak  $p$  parametroaren aldakuntzan oinarritzen dira.

\* Antton Santamaria, Donostiako Kimika—Fakultateko Erreologi laborategiko burua da .



Tabakoaren mosaiko-birusaren mikroskopia elektroniko argazkia. "Rod-like" edo makila-antzeko biopolimero hauek oso katea zurrinak osatzen dituzte eta liotropikoak izaten dira.

izan, azken hamarkada hau polimero nematikoaren gorakada markatzen ari da. Egia esan kristal likido polimeriko gehienak nematikoak dira. Bada polimero kolesterikorik, baina praktikotasun eskasekoa. Pisu molekularra oso handia delarik, biskositatea lehen aipatutako 0.2 poise hori baino askoz ere handiagoa da eta erantzundebora izugarri luze bilakatzen da (Nora joan gintezke kolorez aldatzeko bi ordu behar duen materialarekin?).

Kristal likido polimerikoen abantaila ez datza bere propietate optikoetan; bere fluxu-propietateetan eta, batez ere, bere propietate mekanikoetan baizik. Polimero arruntek dituzten propietate mekanikoak ez dira oso maila altukoak. Polimero-katean parte hartzen duten lotura-angeluak eta lotura-luzerak soilki kontsideratuko bagenitu, teorikoki lortu ahal izango liriatekeen Young-en E moduluak oso altuak izango liriateke; baina errealitatean lortzen direnak oso apalak dira. Ondoko taulan diferentzia nabarmen hori antzeman daiteke, horren arrazoia polimero kla-

Materiala	Modulu teorikoa (gramo/denier)	Modulu esperimentalak (gramo/denier)
Polietilenoa	4.000	20-50
Nylona	1.600	50
Polietilen tereftalatoa	1.200	100
Zelulosa	500-800	100-140
KEVLAR <sup>R</sup>	1.500	1.000 - 1.400

Zenbait polimeroen Young-en moduluen balio teoriko eta esperimentalak. KEVLAR, Dupont etxeko polimeroa, kristal likido liotropikoa da. Zuntz gintzan, pascal edo dina/cm<sup>2</sup> erabili beharrean, gramo/denier unitatea erabiltzen da, denier bat 9000 metroko luzera duen zuntz baten pisua delarik. Unitate honetan materialaren dentsitatea kontutan hartzen da, beraz.

Eremu mekaniko, elektriko, magnetiko edo termiko ahul bat aplikatuz, p aldatu egiten da eta, ondorioz, kristal likidoaren kolorea edo argi-transmisioa aldatzen da. Inguruaren zenbait propietate kimikok alda dezakete, halaber, p parametroa.

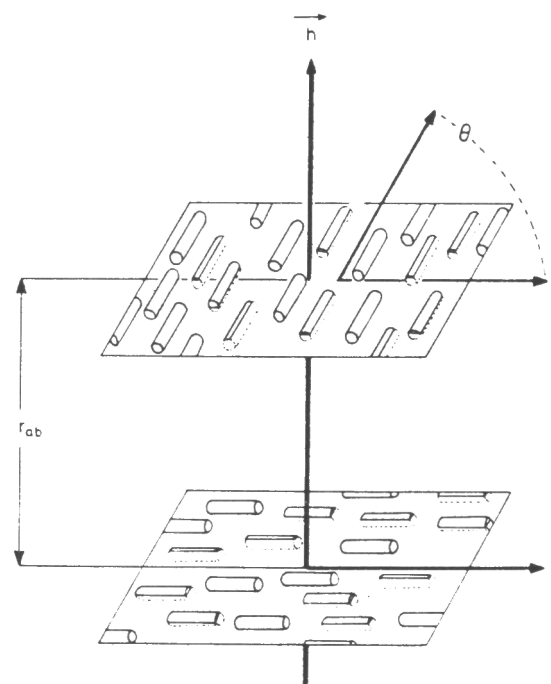
Portaera kolesterikoa esterretan ikusi izan da. Adibidez, honako hauen artean: fenilziklohexanona, fenildioxano, xianofenilpirimidina etab.en artean. Hauek ez dira pisu molekular handiko molekularak eta beren biskositatea ez da, horregatik, handia izaten. Azkeneko puntu hau garrantzitsua da, zeren eta erantzundeborek oso txikiak izan behar bait dute material hauek gailu optikoetan erabiliak izan daitezten. Erantzun-

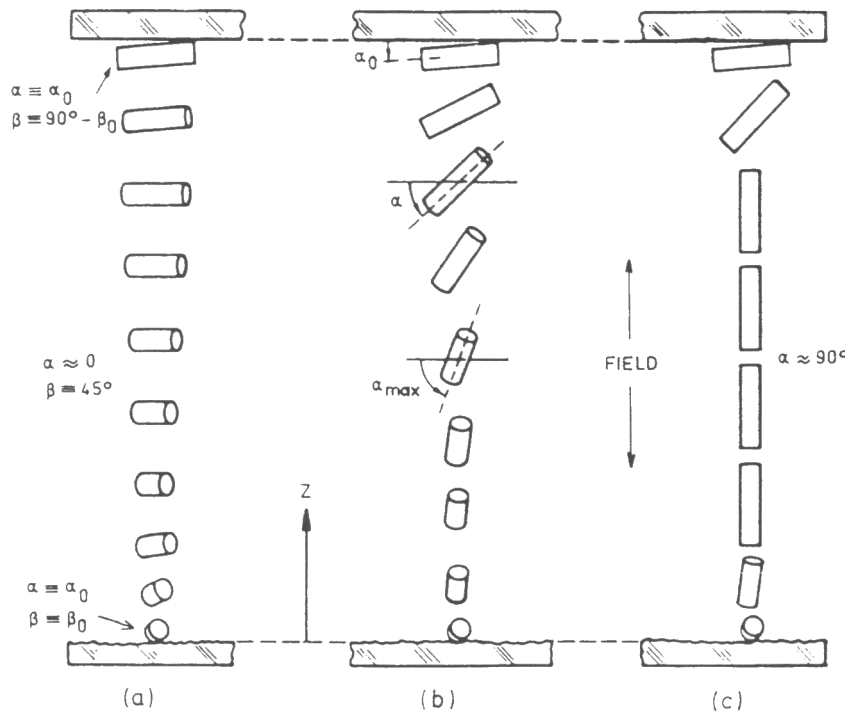
denbora 100 milisegundokoa baino txikiagoa izan dadin (denbora handiagoa erantzun motelegia izango litzateke) biskositateak giro-tenperaturan 0.2 poisekoa behar du izan.

### KRISTAL LIKIDO POLIMERIKOAK

Nahiz eta kristal likido ezagunenak eta oraingoz erabilienak pisu molekular baxuko ester kolesterikoak

Kolesterikoen egitura: norabide nagusia planoz plano aldatuz doa. Norabidea  $2\pi$  angelua biratzeko behar den distantzia  $p = 2\pi r_{ab} / \theta$  da.





Norabide nagusiaren aldaketa kristal kolesteriko batean. a) Eremua aplikatzen ez denean. b) Eremua balio kritikoa baino handiagoa denean. c) Eremua balio kritikoa baino askoz ere handiagoa denean.

ren antzekoak) eta ordenamendu nematiko batez lerratzen dira fluxua dagoen bitartean, gero disolbatzailea eliminatzen denean ordenamendu hori mantentzen delarik. Katea luza-tuaren egitura horri esker, propietate mekaniko bikainak lortzen dira material hauetan; katea polimerikoa hain zurruna izanik ez bait da biribilkatzen katea polimeriko malgu arruntetan bezala. Kasu honetan Young-en moduluaren balioa, lotura-angeluei eta lotura-luzerei bakarrik zor zaio.

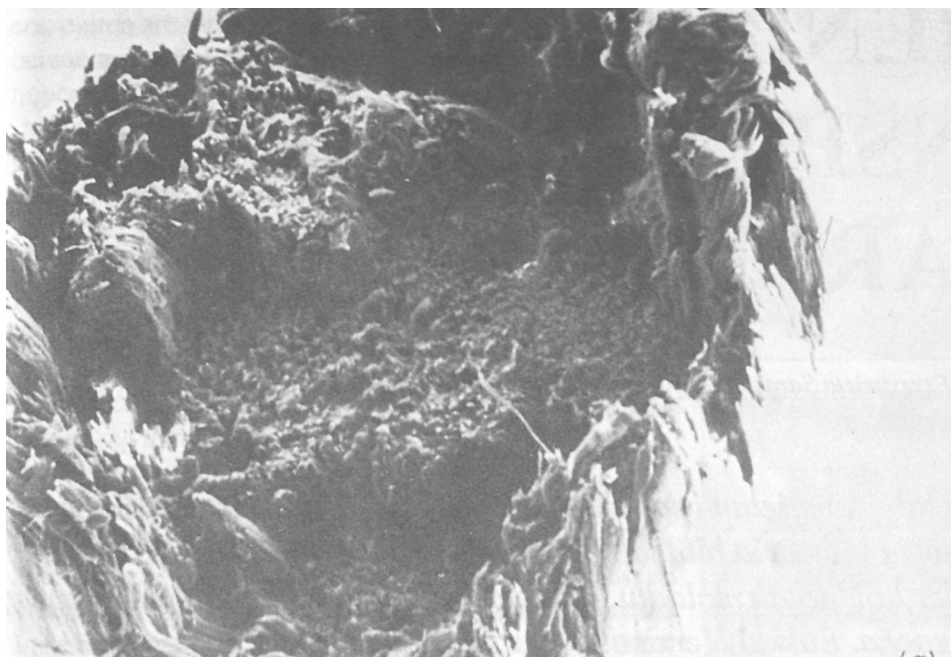
Interesgarria da KEVLAREN propietate mekanikoak altzairu arrunt batek dituenekin konparatzea. KEVLAR zuntzarentzat Youngen modulu 1200 gramo/denier-ekoa izan daiteke (dentsitatea kontuan hartuta, balio horri  $15 \times 10^{10}$  pascal dagozkio) eta bere trakzio-erresistentzia 30 gramo/denier-ekoa (hots,  $3.85 \times 10^9$  pascal). Altzairuarentzat, berriz, 300 gramo/denier ( $20 \times 10^{10}$  pascal), modulan, eta 4.5 gramo/denier

sikoeak hari luzatuak osatu beharrean hari biribilkatuak osatzen dituztelakoan datzalarik. Nolanahi ere, azpimarratzekoa da KEVLAREN portaera; kasu honetan balio esperimentalak eta balio teorikoak nahikoa hurbil agertzen bait zaizkigu eta gainera beste polimeroen balioak baino askoz ere haundiagoak bait dira.

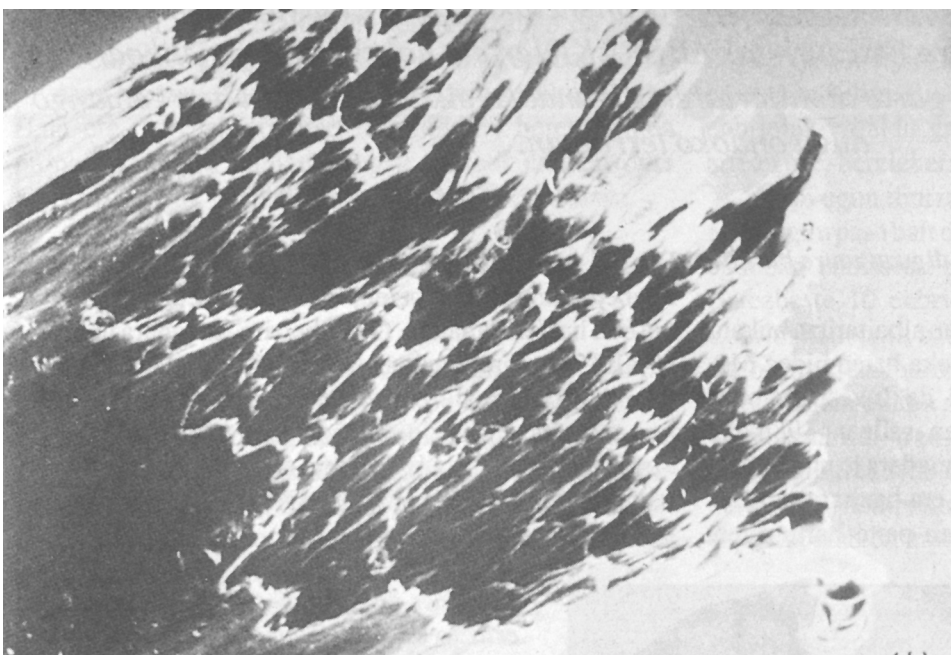
Portaera berezi hau ez da harritzekoa KEVLAR kristal likido polimeriko bat dela kontutan badugu: poli (fenilen tereftalamida)k sulfuri-koan disolbatuz osatzen duen sistema liotropikoa. Poli(fenilen tereftalamida)k oso katea zurrunak dira ("rod-like" edo makila antzeko polimeroak, tabakoaren mosaiko-birusa-

Pisu molekular baxuko ester kolesterikoak erabiltzen dira ordenadoreen pantailetan.





*Kristal likido polimeriko termotropikoeak, zuraren antzeko zuntz-egitura hartzen dute estruitu edo injektatzen direnean.*



zurrunez (azido naftoiko eta bentzoikoez, adibidez) eta polimero malguez osatutako kopolimeroak izaten dira. Kopolimero hauen abantaila bat, KEVLAR antzeko liotropikoekin konparatuta, begi-bistan dago: likido-egoeran anisotropia gordetzeko, ez dute disolbatzailearik behar. Beraz estruitu, harilkatu eta injektatu egin daitezke, prozesua askoz ere sinpleagoa gertatzen delarik. Prozesatze-operazio hauek egiterakoan, termotropikoeak zuntz txikiak osatzen dituzte, zuraren zuntz-egitura gogorarazten dutelarik.

Aipatutako propietate mekaniko bikainez gain, kristal likido polimerikoen beste propietate nabarmen bat bere prozesagarritasuna da. Hain zuzen ere fluxua gertatzen den bitartean katea zurrunek fluxuaren norantza hartzen dutenez, biskositatea, baldintza berdinetan, polimero arruntena baino txikiagoa izan ohi da. Biskositatea baxua delarik, oso konplikatuak diren moldetara erraz injekta daitezke.

Kristal likido polimerikoen hirugarren abantaila bere egonkortasun dimentsionala da. Polimero arruntetan, prozesaketan (estrusio edo injekzioan) sortzen diren tentsioak polimeroa

( $3.05 \times 10^9$  pascal), trakzio-erresistentzian, ditugu. Beraz, pisuan konparatuta, material polimeriko hauen propietate mekanikoak altzairuarekin baino hobekiak direla esan daitezke.

Aipatzen ari garen KEVLAR zuntza, kristal likido liotropikoa da. Beraz beti behar du disolbatzailearen presentzia anisotropia likido-egoeran gordetzeko, horrek problema teknologiko latzak sortzen dituelarik. Harilkatze-prozesuan sulfurikoa eliminatu egin behar da eta prozesua

asko garestitzen da. Gainera, arrazoi honegatik liotropikoekin hariak edo zuntzak bakarrik egin daitezke eta ez da posible, adibidez, material hauekin injekziozko moldeaketa egitea.

Orain dela urte batzuk, Tennessee Eastman-ek erabilgarria izan zitekeen lehenbiziko polimero termotropikoa patentatu zuen. Geroztik Celanese (gaur Hoechst-Celanese), I.C.I. eta beste zenbait etxek kristal likido polimeriko termotropikoeak plazaratu dituzte. Termotropiko hauek talde

hoztean izozturik gelditzen dira eta, denbora igarota, berreskura daitezke materialaren hasierako dimentsioak aldaraziz ("shrinkage" edo murrizketa eginez). Horrelakorik ez da, ordea, polimero termotropikoetan gertatzen eta horregatik elektronikan zirkuitu inprimatuen eraikuntzan erabil daitezke. Adibidez, bapore-fasean zirkuitu hauetan egiten den soldaduran bere uzkurketa edo kontrakzioa aluminio-oxidoen substratuena baino txikiagoa da. □