

## Els cristalls líquids

per P. Burgués, J.M. Garcia Antón, J.J. García Domínguez, F. Reig, N. Solé, G. València

Un fet que de sobte ha esdevingut quotidià i que ja no ens sorprèn, és llegir l'hora amb els números de diferents colors que ens ofereixen les pantalles dels nous rellotges. Tanmateix, ben segur que més d'una vegada heu mesurat la temperatura de l'aigua del bany del vostre nadó o la febre del vostre fill i també l'heu llegida amb els números lluentos i barrats dels nous termòmetres. Si mai us heu plantejat el perquè d'aquests fets i no hi heu trobat resposta, en aquest escrit tractem de donar-vos-la. En un principi podem dir que en ambdós casos el fenomen responsable en darrer terme de l'aparició dels números s'anomena *cristall líquid*.

*Pilar Burgués Rius, Josep M. Garcia Antón, Joan Josep Garcia Domínguez, M. Francesca Reig Isar, Núria Solé Lara i Gregori València Parera treballen a l'Institut de Tecnologia Química i Textil del C.S.I.C.. Excepte N. Solé, que és llicenciada en ciències químiques i P. Burgués, que ho és en farmàcia, els altres quatre són doctors en ciències químiques.*

Un altre vessant d'aquest fenomen, molt més important socialment, és el fet que certes malalties com ara l'arteriosclerosi i el càncer, i fenòmens biològics com l'envelliment, poden ésser explicats i entesos des d'un nou punt de vista: els cristalls líquids. En aquest article també tractem, doncs, d'explicar per què es produeixen aquestes i altres malalties.

és el que coneixem per cristall líquid) i si continuem l'escalfament a 178.5°C, aquest líquid tèrbol esdevé perfectament transparent. Fou el mateix Reinitzer qui desvetllà la curiositat del físic alemany Otto Lehmann perquè estudiés més a fons les propietats físiques d'aquest producte químic. Ben aviat Lehmann (1904) fa un estudi sistemàtic de productes químics orgànics i troba que molts d'ells també tenen les propietats esmentades de l'ester benzoic del colesterol.

per tant col·lisionen de manera espontània entre si i amb les parets dels recipients que les contenen. Podem dir també que les forces d'unió entre elles són gairebé inexistentes; com a conseqüència poden expandir el seu volum pràcticament d'una manera il·limitada.

### Els estats de la matèria: gas, líquid, cristall líquid i sòlid

**E**ls estats de la matèria (gas, líquid, sòlid) han estat estudiats intensament pels científics al llarg del temps, però no és fins als darrers anys del segle passat i a començaments d'aquest que es descobreix *el quart estat de la matèria*.

Fent una mica d'història, trobem que l'any 1854, el biòleg Virchow, tot estudiant l'estructura de les cèl·lules vives, ja ens descriu per primera vegada una estructura de cristall líquid: les formes en què es presenta la mielina (Figura 2) (greix que recobreix les extremitats de les cèl·lules nervioses). Ara bé, el veritable descobridor de l'estat intermedi entre sòlid i líquid fou el botànic Friedrich Reinitzer. En un article publicat l'any 1888 descriu el que passa quan s'escalfa fins a la fusió un producte que ell ha preparat: l'ester del colesterol amb l'àcid benzoic. Així, quan en l'escalfament s'arriba a 145.5°C l'estructura sòlida que fins aleshores és observable en aquest producte, esdevé un "líquid tèrbol" (que

Tots aquests productes, quan s'escalfen a una determinada temperatura, es comporten com un líquid en les seves propietats mecàniques i com un sòlid en les seves propietats òptiques, d'aquí neix el nom que de seguida reberen aquestes estructures: "Flüssige Kristalle" que originà el mot de *cristall líquid*.

Per entendre millor les propietats d'aquest quart estat de la matèria, descriurem a continuació algunes de les característiques més distintives de cada un dels quatre estats.

### L'estat líquid

**E**ls líquids, com ja sabem, adopten la forma del recipient que els conté i acaben a la part més alta amb una superfície ben definida; així doncs, és clar que ocupen un espai determinant i fix. Les molècules que formen un líquid estan pràcticament en contacte les unes amb les altres, unides per forces d'atracció considerables. Malgrat tot, aquestes forces no són prou elevades com per mantenir un cert ordre entre les molècules del líquid. Aquest desordre o *irregularitat* en l'ordenació de les partícules dels líquids és la seva característica capital.

### L'estat gasós

**T**otes les substàncies estan formades per molècules, que com sabem, són les partícules més petites en què les podem dividir tot conservant les propietats característiques de la substància. Les molècules dels gasos es troben molt separades les unes de les altres i estan en moviment continu,

### L'estat sòlid

**E**n contrast amb els gasos i els líquids, la característica principal de l'estat sòlid és la gran força d'atracció entre les seves molècules, que les



Fig. 1

El responsable de l'aparició de xifres lluent en aquests objectes és, en darrer terme, el cristall líquid.

manté en una ordenació fixa, rígida i estructurada; és, doncs, l'estat amb una millor ordenació. Aquesta ordenació interior es manifesta en el fet que els sòlids tenen per si mateixos una forma i un volum determinats.

L'experiència diària ens fa molt familiar el fet que substàncies sòlides per l'acció de la calor, es poden transformar en líquids i aquests a la vegada en gasos. La transformació més universal d'aquest tipus és la fusió del gel, que a 0°C esdevé aigua i per ebullició a 100°C, vapor d'aigua.

Els processos descrits són evidentment reversibles; així, partint de vapor d'aigua, obtenim aigua, i d'aquesta, gel. Aquests passos sòlid/líquid i líquid/gas s'anomenen *canvis de fase*. Com hem vist, els diferents estats de la matèria per efecte de l'energia calòrica, que modifica la força d'atracció i per tant l'ordre entre les molècules, estan íntimament relacionats a través dels canvis de fase.

sentit, el cristall líquid és un estat de la matèria que conté propietats dels estats sòlid i líquid. El cristall líquid combina el fet de poder formar gotes i fluir com els líquids, amb el fet de tenir una ordenació de les seves molècules com la dels sòlids. Les forces d'atracció entre les molècules en aquest estat no són prou potents com per mantenir un volum i una forma constants, però sí que ho són per aconseguir una ordenació preferencial de les seves molècules en el si del líquid. És clar que l'estat de cristall líquid és molt més ordenat que l'estat líquid, però no tant com l'estat sòlid.

Els cristalls líquids també mostren propietats que no tenen ni els sòlids ni els líquids, com ara la seva sensibilitat a la temperatura, que es manifesta amb canvis de color. A més de la temperatura, responen d'una manera molt característica a gran varietat d'estímuls externs, com són: la llum, el so, la pressió mecànica, els camps magnètics i elèctrics i els canvis químics del seu entorn. És gràcies a aquesta sensibilitat tan acusada enfront dels estímuls externs que els cristalls líquids han trobat un nombre tan gran d'aplicacions, tal com més endavant explicarem.

cristalls líquids, de manera que a l'actualitat tots els cristalls líquids coneguts es poden classificar com a pertanyents a dos grans grups: els *termotròpics* i els *liotròpics*.

Com hem vist, és possible passar de l'estat sòlid al líquid mitjançant un canvi de fase; malgrat això, moltes substàncies passen de l'estat sòlid al líquid en més d'un canvi de fase. Els *cristalls líquids termotròpics* són formats per aquestes substàncies o mescles de substàncies que presenten més d'un canvi de fase en el procés d'escalfament cap a la fusió. És, doncs, la *calor* la causant del canvi d'estat de la matèria i de la formació de cristalls líquids termotròpics.

Cal remarcar que aquest tipus de cristall líquid existeix en un interval ben determinat de temperatura i que és característic de la substància o mescla que el forma.

Per il·lustrar el tipus i la varietat (¡més de 6.000!) d'estructures químiques que mostren aquest comportament, a la figura 4 n'apleguem unes quantes.

De cara a identificar i classificar aquest gran nombre d'estructures, es tenen en compte les seves propietats òptiques. Quan s'observa al microscopi òptic un cristall líquid termotròpic amb llum normal, aquest es veu perfectament transparent. En canvi, si la font de llum es filtra amb dos prismes de Nicol creuats per tal d'obtenir llum que anomenem *polaritzada*, el cristall líquid presenta formes i colors, característics del seu tipus i estructura. Exemples d'aquestes formes i colors els presentem a la figura 5.

Els *cristalls líquids liotròpics* es formen per la penetració d'un dissolvent, que sol ésser l'aigua, en l'estructura ordenada de les molècules que formen

## L'estat de cristall líquid

Després de tot el que fins ara hem explicat, és molt possible que el mot *cristall líquid* sembli confús, i a la vegada és ben intrigant. És lògic, ja que el terme és contradictori, fins ara una matèria era sòlida o líquida, no hi havia terme mitjà. Malgrat tot, la mateixa paraula "cristall líquid" és un primer intent d'explicar les propietats del *nou* estat de la matèria. En aquest

## Classificació dels cristalls líquids

Des del seu descobriment s'han anat estudiant les propietats dels



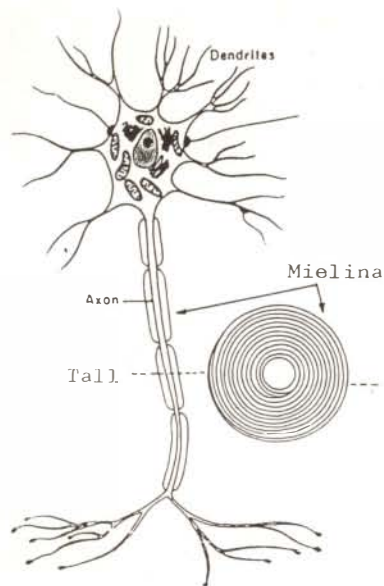


Fig. 2

a) Cèl·lula nerviosa  
b) Vista al microscopi electrònic d'un tall de mielina



un sòlid. Encara que aquests cristalls líquids també són sensibles a la temperatura, és ben clar que aquesta no és la causant del canvi d'estat de la matèria, sinó que és l'acció del dissolvent la responsable, en primer terme, de la formació del nou estat. La proporció d'aigua a la mescla sòlid/dissolvent fixa l'estructura del cristall líquid resultant. D'aquesta manera, quan augmentem la proporció d'aigua tot passant des del sòlid (0% d'aigua) fins a la dissolució homogènia d'aquest sòlid en aigua (prop de 100% d'aigua), podem distingir uns altres tres tipus d'ordenació diferents de l'estat de cristall líquid liotròpic (figura 6).

Moltes substàncies essencials per a la vida tenen la propietat de formar cristalls líquids liotròpics, i és per això que aquestes ordenacions de la matèria es troben íntimament lligades al funcionament dels organismes vius. Per tenir una idea més concreta del paper tan important dels cristalls líquids liotròpics en els éssers vius, a la figura 7 recollim algunes de les substàncies que intervenen de forma activa en els cicles vitals i que posseeixen aquesta propietat de formar cristalls líquids liotròpics.

Dos exemples gràfics d'estructures de cristall líquid liotròpic es mostren a la figura 8. Entre altres membres, la membrana interior de les mitocondries, que està directament implicada en la respiració cel·lular i per tant en el d'energia, és un exemple clar de cristall líquid liotròpic. Un altre exemple és la retina dels ulls. Els bastonets i cons de l'estructura microscòpica de la retina estan íntimament lligats al fenomen de la visió a través d'estructures de cristall líquid liotròpic.

## Aplicacions dels cristalls líquids

Els cristalls líquids termotròpics ens interessan tant des d'un punt de vista d'investigació bàsica, en concret per la seva estructura, com des del punt de vista de les seves aplicacions, com ara en els *displays* electroòptics (*LCD's liquid crystal displays*) i sensors de temperatura i pressió. Els cristalls líquids liotròpics són de gran interès en la investigació biològica atès que tenen un paper molt important en els éssers vius, i les seves aplicacions, no hi ha dubte, es troben bàsicament en el camp de la Medicina. A continuació expliquem amb més detall algunes d'aquestes aplicacions.

## Els displays. ¿Què són? ¿Com funcionen?

Mirem una altra vegada el rellotge, però aquest cop, si us plau, amb més deteniment. Els dígets estan formats per unes parts fosques i unes altres d'il·luminades, i llegim sempre la imatge que ens ofereixen les parts il·luminades. Una mateixa zona de la pantalla, mercès a aquest mecanisme, ens ofereix d'una manera ràpida tots els elements del sistema decimal i és d'aquesta manera com el

nostre rellotge, per exemple, pot escriure i esborrar vertiginosament els segons.

Si ara ens fixem en un dels dígets de la pantalla veurem com la seva formació obeeix a set *segments* rectilinis que s'engalzen com un trencaclosques per donar la imatge que mostra la figura 9.

Aprofundint més en l'estructura d'aquest sistema, podem fer un tall transversal en qualsevol d'aquests segments per veure en detall la seva construcció.

Tal com es pot observar, cada segment és un petit dipòsit construït amb dues plaques de vidre, d'un gruix determinat, i tot plegat tancat amb un material segellador que preveu qualsevol fuga. La distància que separa les dues plaques és tan petita que sol oscil·lar entre 0,000 010 i 0,000 020 metres i aquest espai és ple de cristall líquid termotròpic que constitueix l'ànima del *display*.

Ja hem dit que els cristalls líquids són sensibles als estímuls externs, això vol dir que modifiquen les seves propietats quan els apliquem aquests estímuls. En el cas del *display*, l'estímul que actua sobre el C.L. és un corrent elèctric i és per això que es col·loquen dos electrodes just per sota de les plaques de vidre.

Aquests electrodes són molt especials; així, com a mínim un d'ells ha d'ésser transparent i a la vegada extraordinàriament prim; un material d'aquestes característiques i que s'hi utilitza sovint és una barreja d'òxids de titani i estany.

Arribats en aquest punt, podem entendre ja el funcionament del *display* d'una manera intuïtiva.





Fig. 3

a) Mescla de quatre substàncies diferents, 4-substituit-fenil-4-n-alkil/alquiloxi benzoats, recobert amb coles-teril cinamat. Temperatura: 20°C. Vist a 150 augments i amb llum polaritzada.

b) Estructura de cristall líquid del 4-n-Octil-4'-n-be-xanoil bifenil. Temperatura: 92°C. Vist a 150 augments i amb llum polaritzada.



En primer lloc volem explicar com és possible d'il·luminar-ne o mantenir-ne fosc un segment concret. Hi ha diferents mecanismes per aconseguir-ho, però en tots ells el que compta és que el cristall líquid té un comportament diferent davant de la llum segons si es troba o no sotmès a un camp elèctric.

Un d'aquests mecanismes es mostra a la figura 11. Si un segment qualsevol, amb els dos electrodes transparents, està il·luminat per sota i el cristall líquid que l'omple té una estructura determinada que no deixa passar la llum, veurem el segment fosc.

En canvi, si excitem el cristall líquid amb un camp elèctric per aplicació d'un voltatge entre els dos electrodes, que sol ésser de 3 o 4 volts, l'estructura canvia i la llum pot passar al seu través, el segment esdevé il·luminat i per tant visible. Aquest procés és reversible i es pot repetir indefinidament. Quan traiem el voltatge, l'estructura torna a ser la primera i, per tant, el segment és fosc.

Uns altres mecanismes es basen en el fet que certs cristalls líquids en presència d'un camp elèctric canvien de color. Aquest és el cas dels *displays* de color verd de les calculadores. Com és evident, no cal il·luminació interior del segment i l'electrode del fons pot ésser opac. Un cop sabem com s'il·lumina un segment podem avançar un grau més en el funcionament del *display*.

Es tracta de trobar la manera d'il·luminar o de deixar a les fosques els segments presents en la pantalla del nostre rellotge, de manera que en cada una de les posicions es llegeixi un dígit que, a la vegada, estigui coordinat amb la resta per oferir en tot

moment una informació correcta que, en aquest cas, és l'hora.

Un cristall de quars controla molt acuradament un circuit oscil·lador que té una freqüència de 32.768 Hz. Aquesta freqüència, mitjançant un circuit divisor, genera pulsacions d'un segon de durada que a la vegada són registrades pels comptadors, per produir pulsacions de minuts i hores. Cada una d'aquestes pulsacions és descodificada per obtenir els senyals adequats a través dels circuits excitadors, que els transformen en senyals de corrent altern; al seu torn, aquests activen els segments plens de cristall líquid en el *display*.

Els circuits divisors de freqüència, comptadors, descodificadors i excitadors contenen normalment més de 1500 transistors que poden ésser excitadors contenen normalment més de 1500 transistors que poden ésser inclosos en un *chip C-MOS* que tingui una àrea de silici activa, de 0.25x0.40 cm. Tot aquest sistema electrònic treballa a 1,5 volts. (excepte els excitadors, que ho fan a 10-15 volts, en uns casos o a 1.5-5 volts, en d'altres) i és alimentat per una pila d'òxid de plata de 1.5 volts, que dona 100-240 mAxHr. D'aquesta manera, generalitzant el mecanisme a altres aparells, podem llegir velocitats, temps, temperatures, freqüències d'emissió, revolucions per minut i moltes més coses, d'una manera ràpida i directa, amb pantalles que contenen *displays* amb números. D'altra banda, també és possible dissenyar altres unitats bàsiques amb més o menys de set segments, de manera que podem donar informació amb lletres o símbols a base de *displays*.

## Els cristalls líquids i la Medicina

Ambdós tipus de C.L. tenen, i tindran cada cop més, aplicacions molt útils en el camp de la Medicina. Els C.L.T. són una bona eina per mesurar canvis de temperatura en els sistemes vius; així, posem per cas, aquests són emprats en la tècnica de diagnosi anomenada *termografia*. Així mateix, el C.L.L. es considera que té un paper molt important en diferents malalties, com per exemple l'arteriosclerosi, els càlculs biliars i l'anèmia cel·lular. Altres malalties també són conseqüència de l'acumulació de C.L., i així mateix l'envelliment i el càncer es poden entendre mitjançant teories de C.L. Aquestes aplicacions, resumides, les expliquem més acuradament a continuació.

### 1.- Mesurament de la temperatura

Per mesurar la temperatura s'aprofita un determinat tipus de C.L. que canvia de color quan la temperatura canvia (C.L. colestericnemàtic). Així, en l'interval d'existència del C.L.T., el seu color va des d'un vermell brillant, passant per diferents grocs, verds, blaus, fins als violetes, per esdevenir transparent en passar a l'estat líquid. Quan es refreda a partir de l'estat líquid, aquest procés de colors és reversible. Mesclant diversos productes que tenen el comportament de C.L., és possible obtenir també estats de C.L. que posseïxin un interval d'existència ben diferent dels del punt

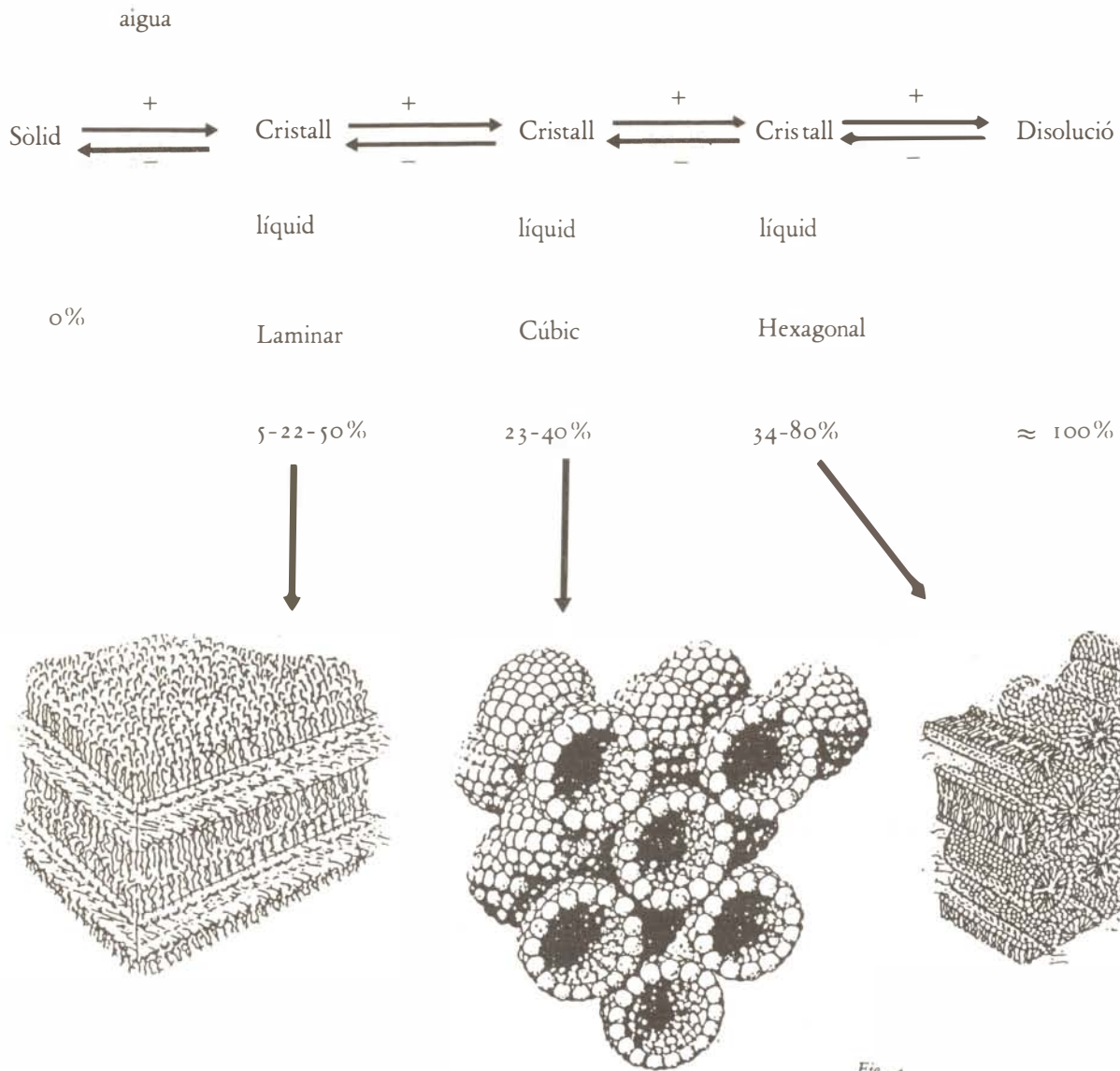


Fig. 4  
Tres tipus d'ordenació diferents de l'estat de cristall líquid liotropic.

de partença. D'aquesta manera podem arribar a cobrir escales de temperatura grans, com ara des de 0°C fins a 250°C

Podem cobrir també escales més reduïdes amb diferències petites i regulars; a tall de mostra, a la figura 14 es recullen diferents mesclades d'esters del colesterol que cobreixen l'interval de 30°C fins a 40°C, amb diferències de 3°C.

Així doncs, les escales es poden fer a voluntat, escollint la proporció adient de les mesclades, i les diferències es poden fer tan petites com es vulgui. És d'aquesta manera com s'han dissenyat els nous termòmetres clínics. Aquests termòmetres presenten avantatges clars, com la fàcil lectura a través de dígitos, lletres o símbols. El mesurament de la temperatura amb els termòmetres de C.L. és *instantani*, mentre que amb els de mercuri cal esperar alguns minuts. La precisió

d'aquests sistemes de mesura pot arribar fins a minuts. La precisió d'aquests sistemes de mesura pot arribar fins a 0.3°C.

## 2.- Termografia

La temperatura de la pell del cos humà no és la mateixa en tots els seus indrets; així, la pell que hi ha sobre les venes i artèries, sobre la placenta, sobre els tumors cancerígens, té una temperatura lleugerament més alta; tanmateix, les cremades de tercer grau són més fredes que les de segon grau, ja que la circulació de la sang no és tan intensa en les zones d'una cremada de tercer grau.

Aquestes petites diferències de temperatura en grans àrees de la pell foren molt difícils de detectar per termòmetres clàssics, com els de mercuri; en canvi mitjançant els C.L.

aquest procés és ben senzill. Es tracta d'estendre en la zona de pell a estudiar, una capa o pel·lícula molt prima de C.L. i per simple observació del seu color es coneix en cada punt la temperatura. D'aquesta manera, una vena, la placenta, un tumor... presenten un color ben diferent del seu entorn. Es pot concloure, doncs, que la termografia té aplicacions en l'estudi de problemes circulatoris, en la localització de tumors i en la posició de la placenta, etc.

## 3.- Els cristalls líquids com a factors d'algunes malalties i de l'envelliment

L'*arteriosclerosis* s'esdevé per una deposició gradual de matèries grasses a les parets de les artèries que porten la sang al cor, al cervell i a altres òrgans vitals. Com a conseqüència d'aquest procés, la quantitat de sang que passa per l'artèria és més petita i,



SUBSTÀNCIES	LOCALITZACIÓ	FUNCIÓ
<b>LÍPIDS</b> Lecitina Esfingomiolina Cefalina Monoglicèrids Esters del colesterol Altres fosfolípids	Membranes de totes les cèl·lules	Intervenen en els processos de comunicació, excreció, nutrició, etc., de les cèl·lules
<b>PROTEINES</b> Miosina Tripsina Hemoglobina	Muscles Budell prim Glòbuls vermells	Contracció muscular Hidròlisi de proteïnes Transport d'oxigen
<b>ÀCIDS NUCLEÏCS</b> Àcid desoxirribonucleic Àcid ribonucleic	A les cèl·lules	Informació genètica, reproducció, creixement, diferenciació
<b>POLISACÀRIDS</b> Quinina	Cutícula i exoesquelet de insectes i crustacis	Estructural i de sosteniment

per tant, l'oxigen que arriba als teixits també. La manca d'oxigenació dels teixits condueix als greus problemes de salut característics de l'arteriosclerosi. Aquest procés de deposició va augmentant i va canviant també la seva composició química, a mesura que hom envella. Aquest dipòsit, que sempre té estructura de cristall líquid, al principi és únicament de matèria grassa, però es va enriquint progressivament amb colesterol fins que arriba a una saturació. A partir d'aquest moment, el colesterol que s'hi afegeix és ja en forma d'ester de colesterol; aquest procés continua fins a arribar a les fases més avançades i

greus de la malaltia, en què el dipòsit de colesterol pren la forma de monohidrat de colesterol cristal·lí, que és el responsable de les lesions més greus. Òbviament, hi ha dues possibles vies de tractament per a l'arteriosclerosi: evitar la formació dels dipòsits o solubilitzar-los un cop formats. Com ja hem dit, i atès que l'estructura dels dipòsits és de C.L.L., aquest tractament que encara no és possible, ben segur que ho serà amb un millor coneixement de les propietats dels cristalls líquids.

Els anomenats *fluids biliars* són un altre exemple de cristalls líquids en el cos humà. En la seva composició, hi

trobem matèries grasses, colesterol, sals biliars i aigua. El paper dels cristalls líquids en aquest fluid és el d'inhibir la precipitació del colesterol en forma de monohidrat de colesterol, i realitzar-ne d'aquesta manera el transport. En aquest sentit una malaltia que comporti canvis en els fluids biliars, es pot solucionar millor si es considera la naturalesa de cristall líquid d'aquest fluid. Una altra malaltia que implica estructures de cristall líquid és l'*anèmia cel·lular*, que està relacionada amb la capacitat de transportar oxigen pels glòbuls vermells de la sang. Els glòbuls vermells malalts es pot considerar que tenen una natura

Temperatura (°C)	Proporció (%) d'esters del colesterol		
	Oleil carbonat	Nonanoat	Benzoat
30-33	44	46	10
31-34	42	48	10
32-35	40	50	10
33-36	38	52	10
34-37	36	54	10
35-38	34	56	10
36-39	32	58	10
37-40	30	60	10

Fig. 5  
Intervals de temperatura de mescles d'esters del colesterol que presenten bandes de colors.

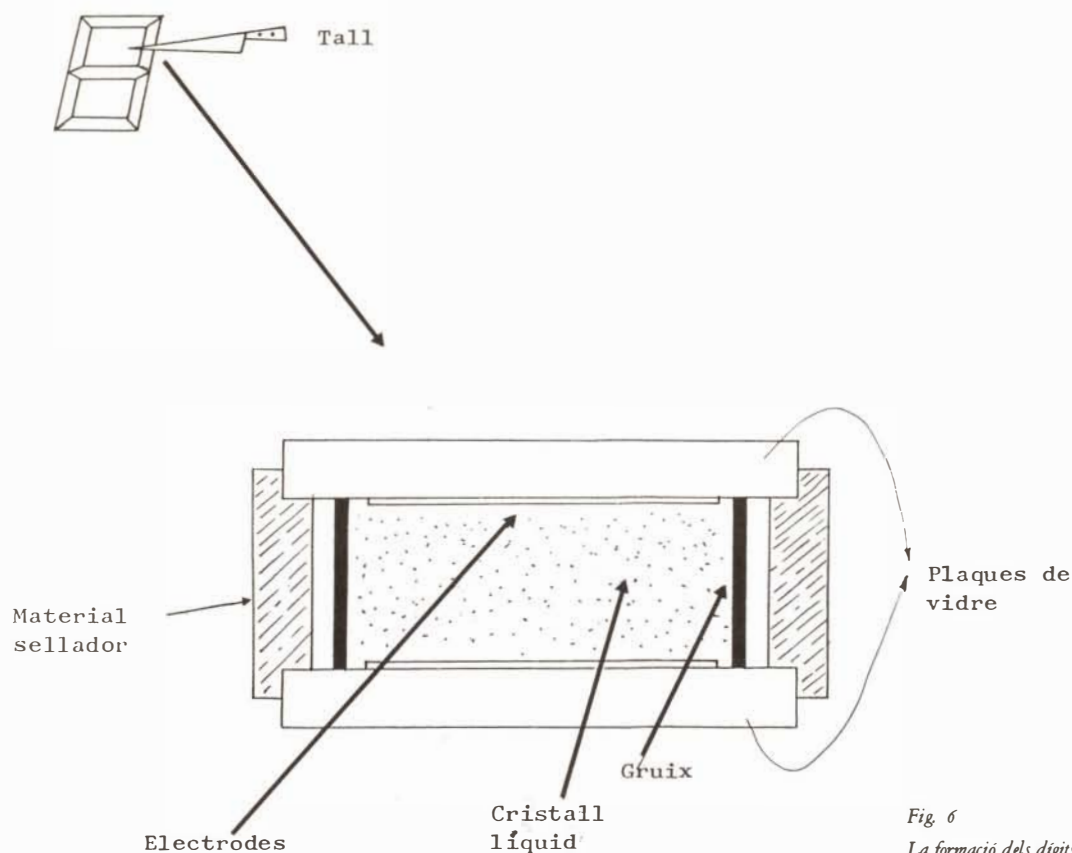


Fig. 6

La formació dels dígets d'un rellotge obeeix a set segments rectilinis. A la figura s'observa el perfil d'un tall transversal de qualsevol d'aquests segments.

de C.L., però el mecanisme d'actuació d'alguns medicaments emprats per guarir-la, com són la urea i el cianat sòdic, encara no s'ha pogut esbrinar.

Alguns investigadors han indicat també que els cristalls líquids poden aportar més informació en el fenomen de creixement anormal de les cèl·lules conegut com *càncer*. Les cèl·lules d'un teixit normal es mantenen juntes, en canvi, en un teixit cancerós, hi ha espais buits entre elles; a més, la mobilitat i la forma de les cèl·lules normals és diferent de les de les canceroses. Aquests canvis podrien ser atribuïts a les propietats característiques dels cristalls líquids. Així, és possible pensar que l'efecte d'un agent exterior sobre l'estat normal de C.L. de la cèl·lula pot conduir a aquest creixement incontrolat i, per tant, al càncer.

L'envelliment també pot ésser considerat des de la perspectiva dels C.L. Ja hem vist que canviant la proporció d'aigua és possible obtenir C.L.L. de diferent estructura; paral·lelament, es pot considerar que l'envelliment és un canvi d'estructura dels cristalls líquids que formen el cos humà. Aquest canvi és produït per la pèrdua gradual d'aigua de constitució, que és una característica de l'envelliment.

A tall de conclusió, és clar que moltes malalties modifiquen les es-

tructures de cristall líquid que presenten les cèl·lules i els teixits. És per això que si els estudis biològics d'altres malalties assumeixen aquest punt de vista, és possible que es progressi molt en el coneixement d'altres malalties.

doncs, d'un tema que afectarà altres descobertes de la ciència, que l'home, ben segur, durà a terme.

P. Burgués, J.M. García Antón,  
J.J. García Domínguez, F. Reig,  
N. Solé i G. València.

## Conclusions

Tot just descobert el quart estat de la matèria anomenat cristall líquid, s'han desenvolupat, en molt poc temps, una colla d'aplicacions tecnològiques que han envaït totes les nostres activitats; fins i tot fóra difícil de trobar avui dia algú que no utilitzés habitualment rellotges, termòmetres, màquines i aparells amb xifres digitals (*displays*). A més, aquest descobriment ha obert una nova perspectiva en el coneixement de les grans complexitats i subtils que la vida comporta, de cara a solucionar malalties com l'arteriosclerosi i el càncer. Es tracta,

## Materials de lectura

*Liquid crystals and biological structures*  
Glenn H. Brown, Jeronne J. Wolken:  
Academic Press, (London) 1979  
*Introduction to liquid crystals* E.B. Priestley, P.J. Wojtowicz, Ping Sheng:  
Plenum Press, (New York) 1975  
*Liquid crystals & plastic crystals* G.W. Gray, P.A. Winsor:  
Ellis Horwood, (Chichester, Sussex, England) 1974 Volums 1 i 2