

**Cuarto estado
de la materia:
Entre el sólido
y el líquido**

Cristales Líquidos

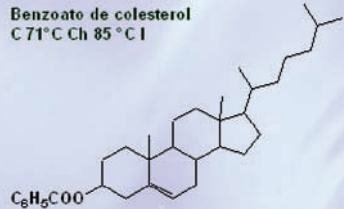
En el **ICMA** se diseñan
y preparan cristales
líquidos con nuevas
propiedades ópticas,
eléctricas o mecánicas.

¿Qué es un cristal líquido?

Si uno lo piensa bien, escuchar a alguien hablar de Cristales Líquidos resulta sorprendente. No es fácil unir ambas palabras si se tiene en cuenta lo que cada una de ellas significa. Sin embargo, y aunque su conocimiento sigue siendo en cierta manera limitado, se sabe que deben sus propiedades a la característica que tienen algunos compuestos químicos de presentar este cuarto estado de agregación de la materia.

El primero en observar un cristal líquido fue el botánico austríaco Friedrich Reintzer en 1888, cuando vió que el benzoato de colesterilo (una sustancia sólida derivada del colesterol) formaba un líquido turbio cuando lo calentaba hasta su temperatura de fusión. Al seguir calentando, la turbidez persistía hasta que a cierta temperatura el líquido se volvía transparente. Poco tiempo después se descubrieron otras sustancias que presentaban el mismo comportamiento y finalmente se ha demostrado que se trata de un nuevo estado de la materia, intermedio entre el sólido y el líquido.

Benzoato de colesterol
C 71° C Ch 85° C l



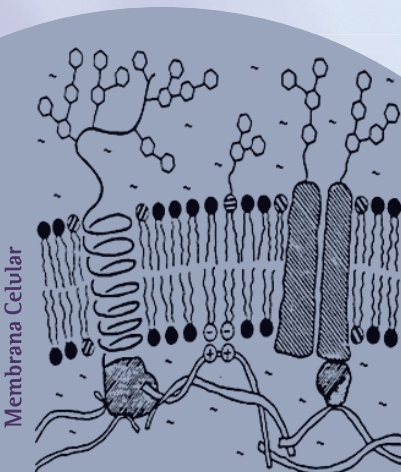
Precisamente en esta característica tan especial radica su interés: Reúne ciertas características de los sólidos cristalinos, presentando diferentes propiedades en diferentes direcciones, junto con ciertas propiedades de los líquidos como la movilidad y la fluidez. Por este motivo, en 1889 el físico alemán Otto Lehmann los llamó "Cristales Líquidos", nombre con el que se les sigue conociendo en la actualidad.

Cristales líquidos en la naturaleza

Los cristales líquidos no son producto exclusivo de nuestra tecnología. Como en otros ámbitos de la ciencia, la Naturaleza es la primera escuela donde podemos aprender sobre estos compuestos tan singulares. En muchos sistemas

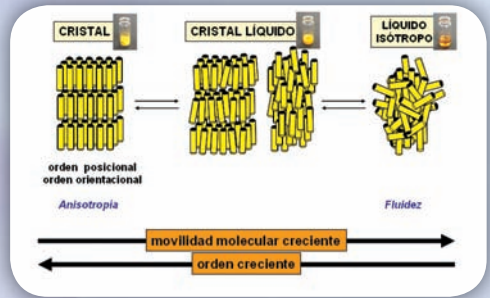
biológicos existen organizadores de tipo cristal líquido. Uno de los ejemplos mejor conocidos son los llamados fosfolípidos, el principal componente de las membranas celulares.

Otro ejemplo lo constituyen las fibras de mielina, una lipoproteína que se encuentra recubriendo el axón de las neuronas. En este mismo contexto podemos también citar los cristales líquidos formados por algunos productos como los carbohidratos, los polipéptidos y los ácidos nucleicos.



¿Cómo es un cristal líquido?

En un sólido cristalino, las moléculas ocupan posiciones fijas y están orientadas de una manera específica unas respecto a las otras. Esto hace que algunas de sus propiedades cambien en función de la dirección que se considere: Es lo que se llama anisotropía (por ejemplo, un cristal de mica podemos exfoliarlo con facilidad en la dirección de las láminas que lo constituyen pero no en la dirección perpendicular). Por el contrario, en un líquido, las moléculas están completamente desordenadas lo que le da su fluidez característica (capacidad de adoptar la forma del recipiente que lo contiene) y sus propiedades son isotrópicas (no dependen de la dirección considerada). Los cristales líquidos conjugan la facilidad de movimiento de los líquidos con la anisotropía de los sólidos. Todo ello los hace únicos para determinados fines.



Esta anisotropía es la responsable de las texturas características que se observan en capas delgadas de un cristal líquido a través de un microscopio óptico entre polarizadores cruzados y que dependen de la forma en que sus moléculas estén ordenadas y orientadas.

Son compuestos formados, en general, por moléculas con dimensiones anisótropas. Hay cristales líquidos formados por moléculas con forma de varilla (Cristales Líquidos Calamíticos). Otros lo están por moléculas con forma de disco (Cristales Líquidos Discóticos o Columnares). Estos dos son los tipos principales de moléculas que dan lugar a la aparición del estado cristal líquido por efecto de la temperatura (cristales líquidos termótropos). Existen otros

tipos de cristales líquidos, los cristales líquidos liótropos que aparecen por la presencia de algún disolvente. La estructura más típica de las moléculas que los forman consiste en una parte hidrófoba y otra hidrofílica dentro de la misma molécula, el disolvente puede ser agua u otro menos polar que induce la formación de micelas, que a su vez se ordenan en el estado cristal líquido.

CRISTALES LÍQUIDOS
¿Cómo son las moléculas y cómo se ordenan en el cristal líquido?

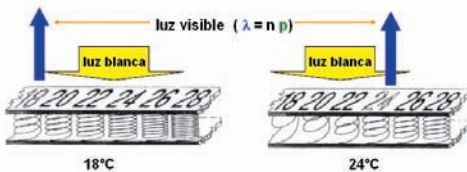
The diagram shows three types of molecules and their corresponding liquid crystal phases. 1. A calamitic molecule (rod-like) with dimensions $a = b < c$ forms a **Cristal líquido nemático** (nematic liquid crystal). 2. A discotic molecule (disk-like) with dimensions $a = b > c$ forms a **Cristal líquido esméctico** (smectic liquid crystal). 3. An amphiphilic molecule with a hydrophobic tail and a hydrophilic head forms a **Cristal líquido columnar** (columnar liquid crystal) and a **Cristal líquido micelar** (micellar liquid crystal). At the bottom, it specifies: **TEMPERATURA: C. L. TERMÓTROPOS** and **DISOLVENTE: C. L. LIÓTROPOS**.

Aplicaciones de los cristales líquidos

Los cristales líquidos, en función de sus propiedades, pueden utilizarse para diferentes fines. Por ejemplo, aquellos que reflejan luz de diferente color según sea la temperatura se utilizan en termómetros o detectores de tumores o fisuras de superficies mecánicas. Por sus propiedades electroópticas se usan como base de pantallas de televisión, monitores de ordenador, proyectores de vídeo, cabezales de impresoras, pantallas de calculadora, relojes o juegos electrónicos etc. Como válvulas de luz, son capaces de aceptar una imagen de baja intensidad luminosa y convertirla en otra de salida más intensa.

Finalmente, los cristales líquidos liótropos son de gran importancia en la actualidad en las industrias de detergentes y cosméticos.

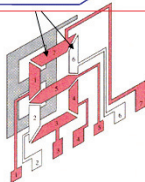
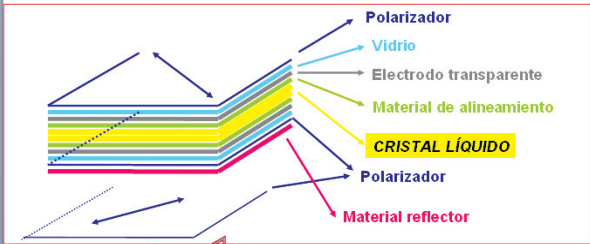
Termómetro basado en cristal líquido colestérico



Las variaciones de temperatura favorecen el paso de luz visible por una región determinada de la lamina al variar el paso de hélice (p).

Dispositivos ópticos

Visualizadores basados en cristales líquidos (Displays)



formación de figuras mediante la aplicación de voltaje en determinadas zonas:



Uno de los principales motivos de interés industrial por los cristales líquidos ha sido su uso en el diseño de dispositivos que combinan la fluidez con la anisotropía óptica y dieléctrica de estos materiales, los denominados "displays".

En un reloj, una calculadora o un juego electrónico, la luz ambiental que llega a la superficie del "display" pasa a través de los diferentes componentes del dispositivo, que se colocan en una estructura de tipo sandwich. Pero esta luz será reflejada de nuevo si la orientación

de las moléculas de la capa de cristal líquido que hay en el centro del "display" es la adecuada. Dicha orientación puede controlarse localmente mediante la conexión o desconexión de un circuito eléctrico establecido con el pequeño voltaje de una pila. El resultado es que en la pantalla aparecen zonas de brillo o de color diferenciadas, de tal forma que vemos un número, una letra o una figura determinada. Una de las ventajas fundamentales es que pueden cambiar en cuestión de milisegundos o microsegundos.

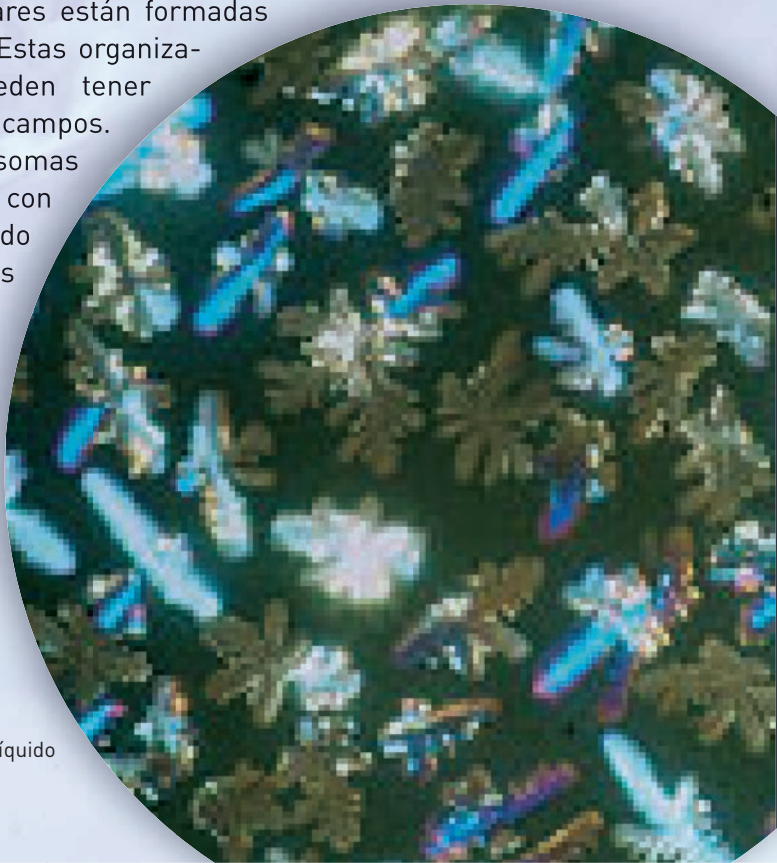
Fibras ultra-resistentes

Uno de los casos más representativos es el kevlar, un polímero que presenta unas propiedades mecánicas excepcionales, superiores a las del acero en relación propiedad – peso. Las sorprendentes propiedades del kevlar se basan en la obtención de fibras de una poliamida en ácido sulfúrico cuando se ha formado una fase cristal líquido de tipo liótropo. En este estado, las moléculas interactúan entre sí y se organizan con una perfecta orientación longitudinal, ordenación que se mantiene después de eliminar el ácido sulfúrico y tener así la fibra lista para trabajar con ella. Esta autoorganización a lo largo del radio y del eje de la fibra es la responsable última de sus excelentes propiedades tensiles, que les ha permitido competir en la fabricación de neumáticos, cables, cuerdas, chalecos antibalas, cascos militares, guantes de protección etc.

Aplicaciones biológicas

Las membranas celulares están formadas por cristales líquidos. Estas organizaciones biológicas pueden tener aplicaciones en otros campos.

Por ejemplo, los liposomas son esferas huecas con estructura cristal líquido formada por fosfolípidos u otros derivados lipídicos. En el interior de estas esferas es posible almacenar principios activos que se pueden ir liberando poco a poco. La cosmética es uno de los campos donde se utilizan estos compuestos.



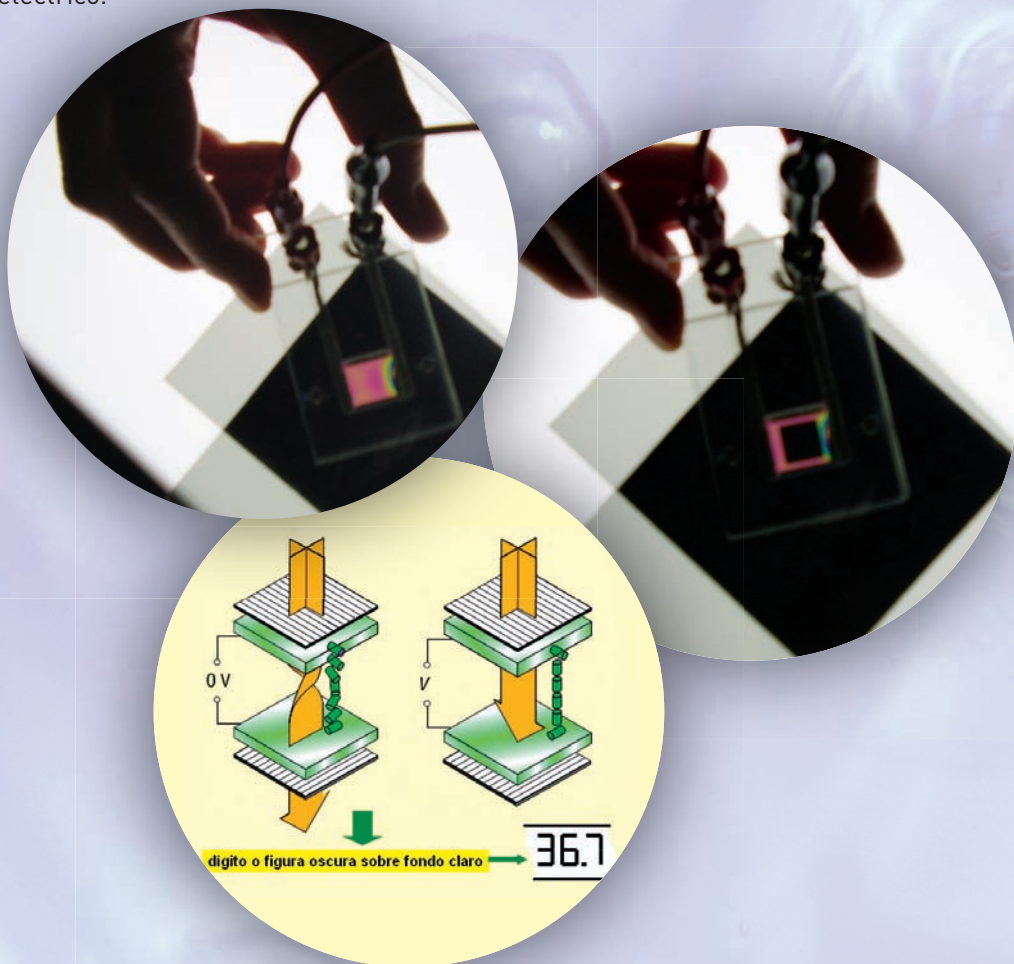
Microfotografía de un cristal líquido

¿Cómo funcionan los demostradores?

En el demostrador puede verse cómo funciona el cristal líquido que se utiliza en un display.

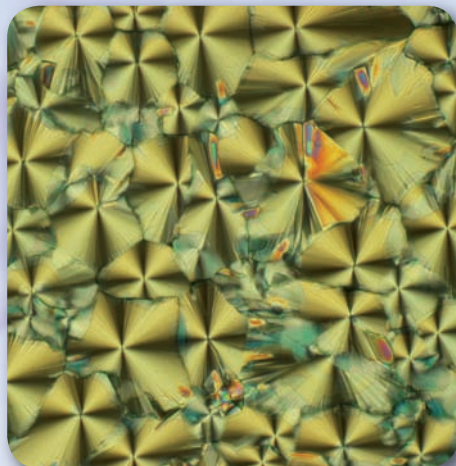
Un cristal líquido tipo nemático se ha colocado entre dos vidrios sobre los que se ha depositado un electrodo. Estos electrodos se conectan a una fuente de 40 V. Al aplicar esta diferencia de potencial modificamos la orientación de las moléculas del cristal líquido y ello permite que entre dos polarizadores cruzados pueda pasar la luz o no dependiendo del valor del voltaje (0 V ó 40 V, respectivamente).

Para visualizar lo que ocurre en este cristal líquido se ha construido una pequeña maqueta que simula el movimiento de las moléculas cuando se aplica este campo eléctrico.



¿Qué hacemos en el ICMA?

El ICMA se ha dedicado al diseño, síntesis y caracterización de cristales líquidos orgánicos con mejores y nuevas propiedades no sólo ópticas sino también eléctricas o magnéticas. Por el carácter interdisciplinar del tema, el grupo está formado por químicos y físicos del ICMA y colabora con otros científicos de universidades españolas y extranjeras, así como con equipos de empresas europeas como Philips y Merck, en la búsqueda de nuevos materiales y su posterior aplicación.

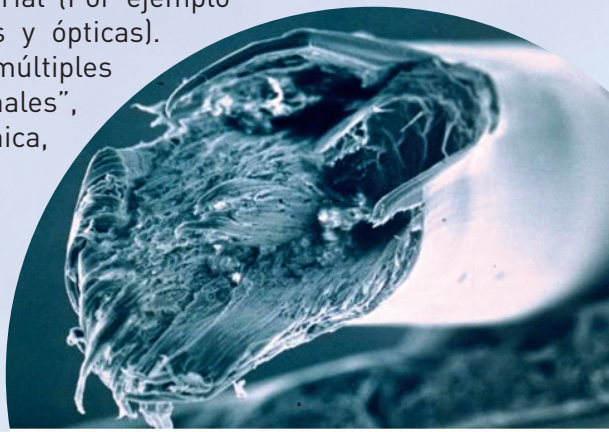


Microfotografía de un cristal líquido

También investigamos en nuevas propiedades y aplicaciones de los cristales líquidos: Así por ejemplo se esta estudiando la aplicación de un tipo especial de polímeros cristal líquido para grabación óptica de datos, como sistemas de grabación alternativos a los CDs o DVDs actuales. La capacidad de grabación en estos sistemas holográficos es impresionante y se prevé que un solo disco pueda almacenarse una información superior a la disponible en 1000 CDs actuales.

Otras líneas de trabajo están dirigidas hacia la utilización del estado cristal líquido como herramienta para conseguir nuevos tipos de materiales con mejores propiedades. El cristal líquido se caracteriza por el orden de las moléculas que lo forman. Controlando este orden en los materiales que preparamos, podremos mejorar sus propiedades e incluso conseguir varias propiedades en el mismo material (Por ejemplo combinando propiedades eléctricas y ópticas).

Conseguimos así materiales con múltiples funciones, "materiales multifuncionales", para nuevas aplicaciones en electrónica, biomedicina, dispositivo ópticos, etc.



Fibras de alta resistencia mecánica

Elaborado por:

**Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)**

Sede Campus Plaza San Francisco

Facultad de Ciencias
Pedro Cerbuna 12
50009 Zaragoza

Sede Campus Río Ebro

Edificio Torres Quevedo
María de Luna 3
50018 Zaragoza

Teléfono 976 76 12 31

Fax: 976 76 24 53

<http://www.unizar.es/icma/>

Elaborado por:



En colaboración con:



Financiado por:

