

Cristales ¿líquidos?

Carlos Velázquez

Se encuentran en todas partes: en el celular, en las pantallas de las computadoras, las cámaras fotográficas, los relojes y no sólo tienen aplicaciones tecnológicas comerciales, también son la base de toda una nueva rama de investigaciones en ciencia básica debido a su gran capacidad de interacción con la luz. ¿Qué son estos elementos misteriosos?

Doblemente líquido

En 1888 el botánico austriaco Friedrich Reinitzer hacía experimentos con benzoato de colesterilo, una sustancia sólida que aisló a partir de colesterol, y se percató de algo muy extraño: cuando calentaba esta sustancia a 145°C se fundía y se convertía en líquido blancuzco y viscoso.

Y si seguía calentándola hasta alcanzar los 179 °C volvía a ocurrir un cambio de fase (o estado, como comúnmente se dice), que no era a gas, como cabía esperar, sino que se ¡convertía de nuevo en líquido! Sí, lo sé, suena absurdo, pero calma, el líquido que obtuvo a 179 °C era muy distinto del de a 145 °C; no era blancuzco ni viscoso sino transparente y fluido. Sorprendido por el hallazgo, el botánico comprobó que la sustancia no había cambiado su composición química y repitió el experimento varias veces hasta que quedó convencido de que había encontrado una sustancia con dos fases líquidas. Aunque en ese momento no lo supo, Reinitzer descubrió una sustancia que revolucionaría la tecnología y estaría en todos los rincones del planeta un siglo después.

Sorprendido por los resultados de su experimento y sabiendo que algo interesante debía estar pasando, decidió enviar una muestra de la sustancia junto con una descripción de sus observaciones a un físico conocido suyo, Otto Lehmann, quien se sorprendió ante el descubrimiento, pero como metódico científico alemán, decidió emprender un estudio riguroso de la sustancia. Después de un intenso periodo de indagación llegó a la conclusión de que además de la fluidez distinta de las dos fases, había otra característica relevante en ambas: la manera en que interactuaban con la luz. Mientras que la fase transparente a mayor temperatura parecía ser la de un líquido común y corriente que sólo atenuaba la luz que le llegaba, la fase blancuzca interactuaba con la luz de diferentes maneras según la dirección en que ésta le llegaba.. Esto último no era nuevo, ya se sabía que muchas sustancias lo hacían, pero existía el pequeño detalle de que todas eran sólidas, y de un tipo muy especial, eran cristales.

Cristales y cristales líquidos

Los cristales son sustancias formadas por átomos colocados de manera regular que siguen un patrón geométrico predecible. Tienen una forma distinta de interactuar con la luz debido a que dependiendo del ángulo en

que ésta incida en ellos, se encontrará con una densidad distinta de átomos, por lo que este efecto es bastante comprensible en el caso de un sólido (puedes ver algunas estructuras cristalinas en la figura 1).

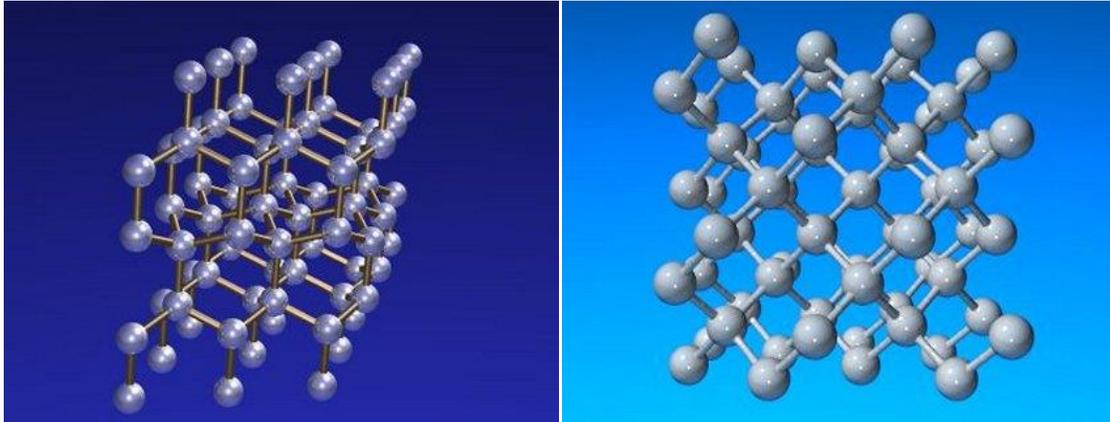


Figura 1. Los cristales tienen estructuras ordenadas. Aquí puedes ver la estructura de la lonsdaleíta y del diamante, ambos compuestos por átomos de carbono.

Imágenes de <http://tecnicopreocupado.com/2014/09/29/>

Sin embargo, esto era algo completamente fuera de lo normal en un líquido. Digamos que un cristal es como la formación de los alumnos de una escuela, donde la distancia entre los alumnos en una fila no es la misma que la distancia entre las filas, de modo que cuando alguien quiere atravesar la formación por en medio, no es lo mismo que lo haga en una dirección o en otra. En un líquido, en cambio, es como si todos los alumnos rompieran filas y estuvieran libres de moverse por todo el patio; entonces, como todos van para todas partes, alguien que quiera atravesar el patio por la mitad no va a ver diferencia entre ir en una u otra dirección. Esta sustancia extraña que conserva la propiedad de interactuar de diferente manera con la luz dependiendo del ángulo en que ésta incide en ella, le da a sus moléculas la libertad de moverse como en un líquido. Paradójico ¿no? Sin embargo, en su momento Lehmann no sabía de estas características del arreglo molecular de los cristales, ya que en ese entonces aún se dudaba de la existencia misma de los átomos. Él sólo

conocía la forma en que la luz interactúa con los cristales, y al encontrarse con un líquido así acuñó un nuevo término para denominarlo: cristal líquido.

Los cristales líquidos se convirtieron en objeto de curiosidad para la ciencia del siglo XIX, pero al poco tiempo de su descubrimiento el interés por ellos decayó pues no se les encontró ningún uso práctico, aunque se siguieron produciendo en cierta cantidad, ya que con ellos se podían hacer algunas exhibiciones interesantes en los laboratorios de los institutos y universidades.

Nemático, esméctico, discótico...

Para comprender cómo los cristales líquidos son capaces de exhibir comportamientos que antes sólo se habían observado en sustancias sólidas, hay que revisar la estructura de las moléculas que los componen. Las sustancias que tienen fases de cristal líquido suelen estar compuestas por enormes moléculas orgánicas, constituidas por unas decenas o varias decenas de átomos. El benzoato de colesterilo, por ejemplo, tiene la fórmula $C_{34}H_{50}O_2$, que nos da un total de 86 átomos. Hoy en día conocemos cientos de sustancias que exhiben comportamiento de cristales líquidos. Más importante que esto es que las moléculas de cristales líquidos tienen geometrías particulares. Uno de los casos que más ocurre es que tengamos moléculas de forma alargada, semejantes a un puro. Otra posibilidad es que se parezcan a un disco de hockey.

Para comprender por qué la geometría de las moléculas es esencial para la formación de un cristal líquido, primero debemos saber cuál es la visión que los físicos tenemos actualmente de los líquidos.

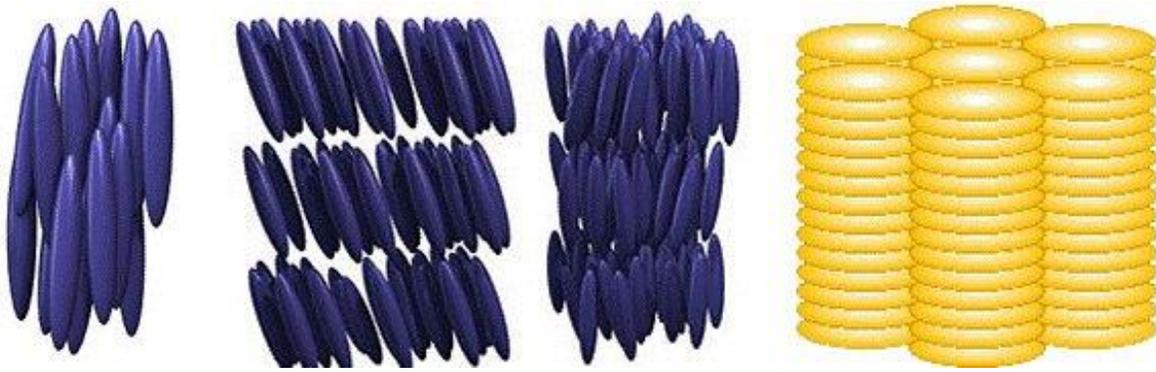


Figura 2. Las moléculas de cristales líquidos tienen geometrías que les permiten ordenarse en distintas configuraciones. En la figura vemos una organización nemática, luego dos configuraciones esmécticas y una configuración discótica. Imagen tomada de: http://www.jccanalda.es/jccanalda_doc/jccanalda_ciencia/quimica/graficos_quimica/cristal liquido.jpg ¿no agregas algo relativo al significado de las palabritas?

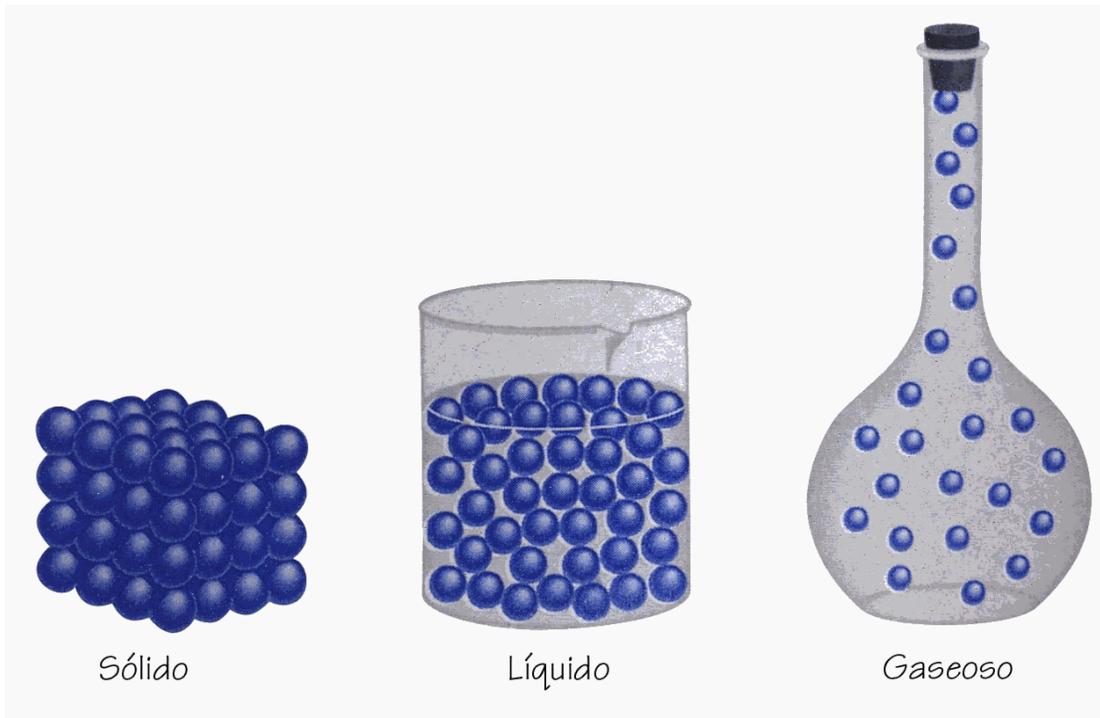


Figura 3. Comparando las formas moleculares de las tres fases fundamentales de la materia: sólida, líquida y gaseosa.

<http://www.monografias.com/trabajos12/quimi/Image752.gif>

La forma más sencilla de visualizar un líquido es llenando una caja con miles de balines y luego agitarla constantemente, aunque no con mucho ímpetu. Si haces algo así te darás cuenta de que pasan muchas cosas parecidas a lo que le pasa a un líquido. En primer lugar, el conjunto de balines tiende a llegar a un nivel y a formar una superficie casi plana; si inclinas la caja, los balines mantendrán la superficie plana, pero se amoldarán y ocuparán el espacio en la forma más efectiva, justo como lo hace un líquido.

Bien, supongo que esto no es algo bastante sorprendente, sin embargo ahora veamos qué podría pasar en el caso de que los objetos que tuviéramos no fueran balines esféricos, sino algo con una forma parecida a la de un puro o habano, que es aproximadamente la forma de las moléculas de un cristal líquido nemático o esméctico. Si tienes suficientes en una caja y los empiezas a agitar muy suavemente, es posible que llegaras a obtener un estado en el que estos balines se empezaran a ordenar en una dirección preferencial. Esto es así porque es la forma más efectiva de empacarlos, la que ocupa menos espacio y en la que el paquete completo tendrá menor altura; será además la que menor energía requiera para formarse y hay que recordar que la naturaleza tiende a las formas más sencillas.

Ahora, cuando hablamos de moléculas la cosa se complica, ya que las moléculas interactúan entre ellas de maneras complejas y difíciles de predecir, y su forma de hacerlo varía dependiendo de muchos factores, como la presión y la temperatura, pero sorprendentemente, cuando tenemos las condiciones de temperatura y presión apropiadas, ¡las moléculas se alinean espontáneamente de modo que la mayor parte de ellas se encuentra en un momento dado apuntando en una dirección muy parecida!

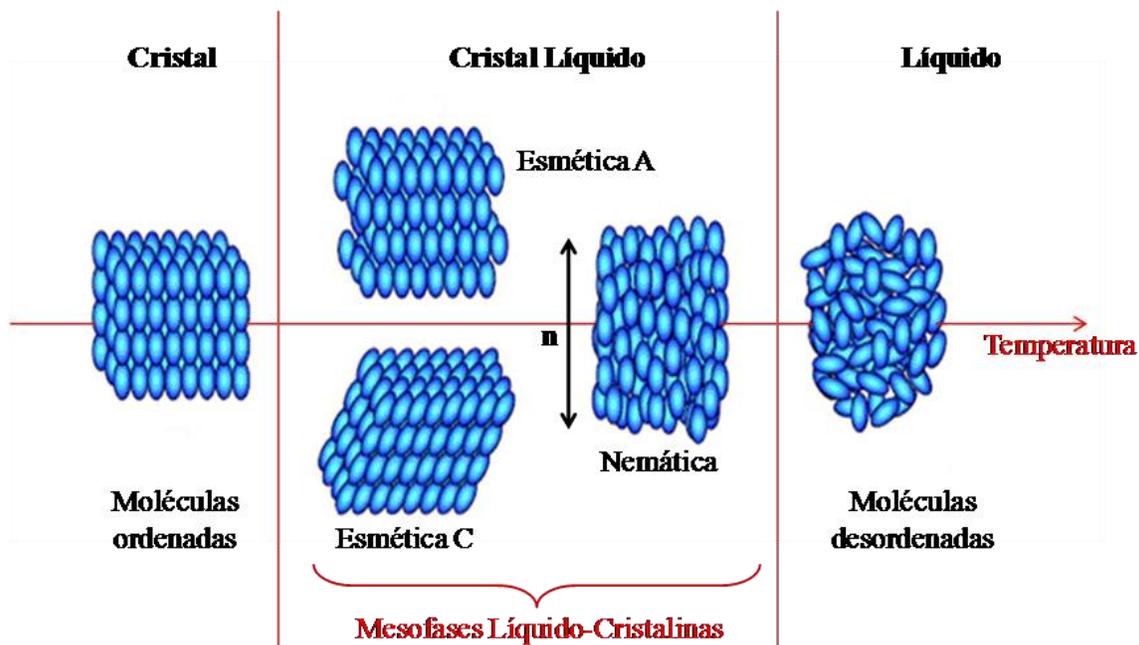


Figura 4. Las sustancias que forman cristales líquidos varían sus propiedades dependiendo de la temperatura y la presión. Imagen tomada de: <http://loosa.paginas.ufsc.br/files/2014/03/Imagem1.png>

Para completar la descripción, te puedo decir que en un cristal líquido, aunque las moléculas estén orientadas preferentemente en una misma dirección, su posición es tan azarosa como lo sería si no tuvieran una forma especial y constituyeran un líquido, como lo trata de mostrar la figura 4. Esta es la esencia de los cristales líquidos: aunque sus moléculas se mueven libremente como un líquido, tienen un grado de orden debido a que todas mantienen una orientación. Si quieres visualizar esto con una imagen más cotidiana, supongamos que las moléculas de un líquido normal son como los niños en el patio de la escuela durante el recreo, donde se pueden mover libremente. En cambio en un cristal líquido nemático, todos los niños estirarían los brazos pero conservarían aún la libertad de moverse adonde quisieran. En estas condiciones es muy probable que todos los chicos terminen apuntando con sus manos al mismo lugar para poder desplazarse más fácilmente. Esta es la razón por

la que cuando la luz incide interactúa diferente dependiendo de la dirección en que vaya: si se encuentra con las moléculas del lado más angosto, entonces interactuará poco con la sustancia, pero si se encuentra de frente con el lado con más moléculas, entonces interactuará más y reaccionará de manera diferente. ¡Ta-tan! ¡Ahora comprendes el funcionamiento de los cristales líquidos!

Bueno, a una sustancia que se comporte de la manera en que te he descrito en los párrafos anteriores se le llama cristal líquido nemático. El nombre de nemático se deriva de la apariencia que le veían los investigadores cuando observaban la sustancia en un microscopio y la iluminaban con luz polarizada, Esta luz se obtiene filtrando la luz normal con un polarizador y su apariencia es la que puedes ver en la figura 5. Nemático se deriva de la palabra griega nema ($\nu\epsilon\mu\alpha$) que significa filamento, pues la sustancia parece tener filamentos que se extienden hacia todos lados, mira la figura 6.

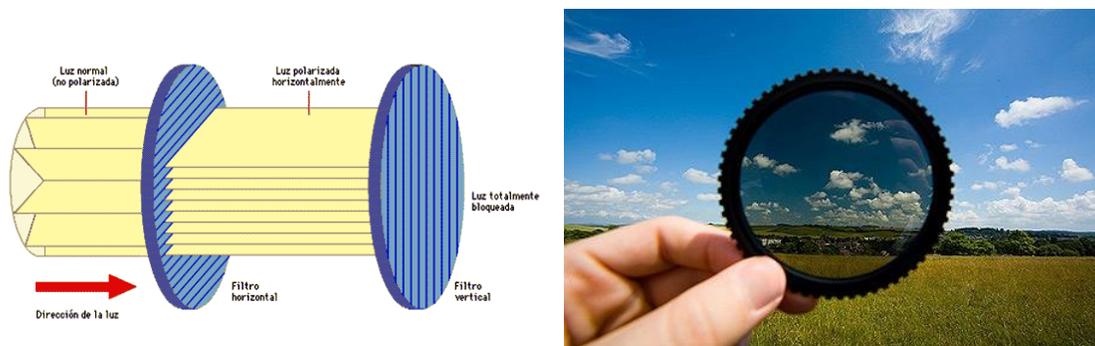


Figura 5. Funcionamiento de un polarizador y apariencia de la luz polarizada. Imágenes tomadas de: http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo6_3.htm
<http://marketsresearchstore.tumblr.com/post/130677036004/global-polarizer-market-2015-2020>

Sin embargo, este no es el único tipo de cristal líquido que conocemos. Regresemos a la analogía de la caja con puros e imagina lo siguiente: vaciamos la caja y luego empezamos a poner los habanos parados hasta que se forme una primera cama con ellos; después ponemos un papel muy delgado y colocamos una siguiente cama, y así sucesivamente hasta

llenar la caja con puros muy bien ordenados. Si el papel celofán está muy bien sujeto a las paredes, y los puros suficientemente apretados como para que no se caigan, pero lo bastante sueltos como para cambiar de lugar entre ellos, entonces al agitar la caja los puros se moverán hacia los lados lentamente pero sin poder abandonar la cama a la que pertenecen. Esto es precisamente lo que pasa en los cristales líquidos esmécticos. Como te podrás imaginar, estos cristales líquidos tienen una gran viscosidad, ya que para mantener la estructura de capas deben fluir más lentamente. La palabra esméctico proviene de la palabra griega con la que se denomina una sustancia grasosa o viscosa.

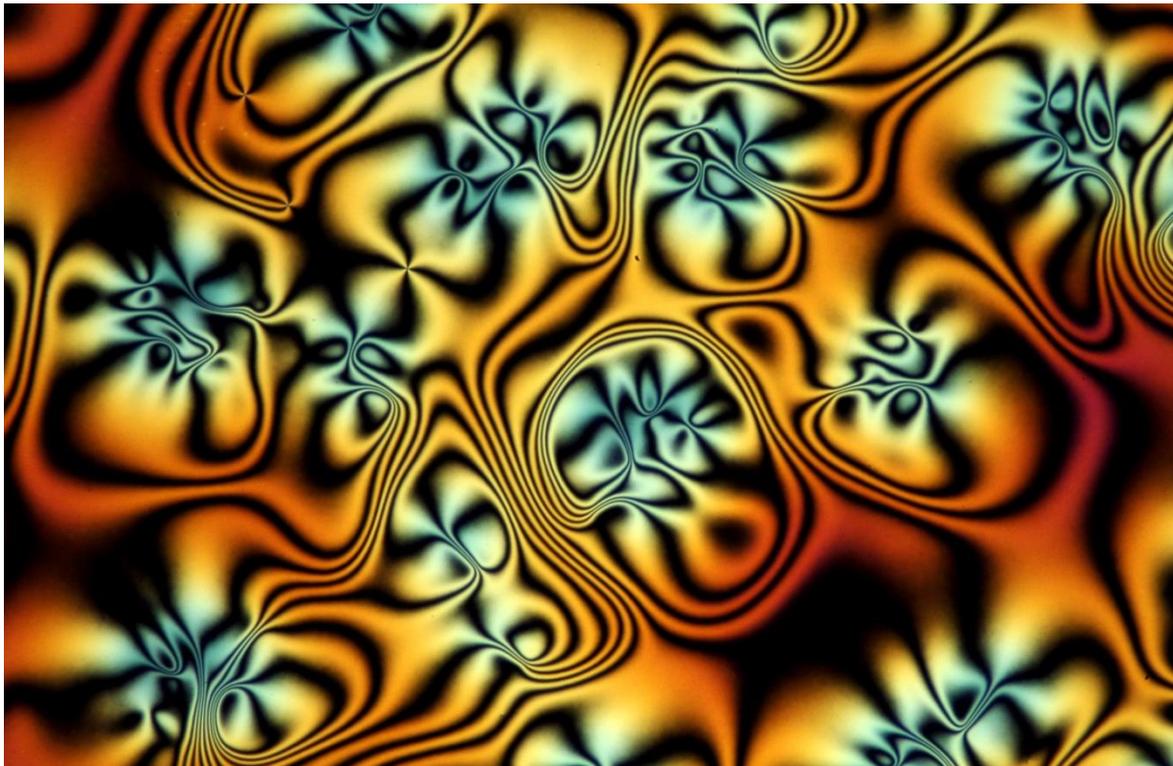


Figura 6. Apariencia de un cristal líquido nemático visto al microscopio. Imagen de: <http://saberesyciencias.com.mx/2014/09/04/cristales-liquidos/>

Por último, conocemos otro tipo de cristal líquido constituido por moléculas en forma de disco. Este es un cristal líquido muy interesante, ya que las moléculas discóticas tienden a acomodarse formando grandes

columnas que solamente pueden moverse de arriba hacia abajo, de modo que estos cristales líquidos tienden a tener viscosidades muy altas. Hay cristales líquidos discóticos en donde no hay formación columnar, pero las moléculas mantienen orientaciones parecidas en todo momento. Puedes ver la forma de las moléculas discóticas en la figura 4.

Amos de la luz

Actualmente los cristales líquidos se encuentran en todo tipo de aplicaciones tecnológicas, sin embargo su ámbito de aplicación es muy preciso: se utilizan sobre todo para generar complejos mecanismos de interacción con la luz. La razón es muy simple: las características de cristal que tienen estas sustancias las hacen idóneas para hacer ciertas manipulaciones de la luz que nos interesan; además, sus características fluidas hacen que sus moléculas estén libres, y podemos utilizar fuerzas eléctricas y magnéticas para orientar las moléculas en la dirección que queramos. Es como si pudiéramos prender y apagar las propiedades ópticas de un cristal sólido.

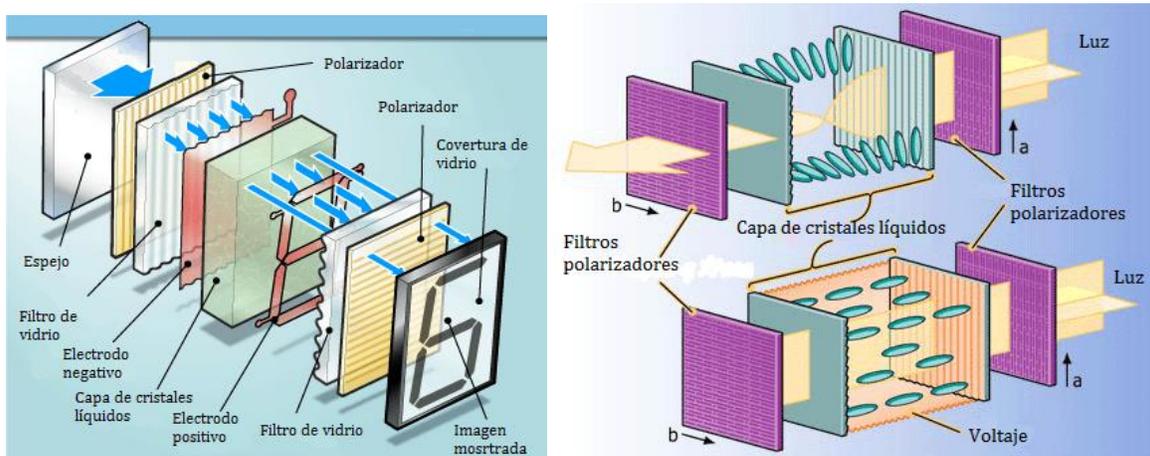


Figura 7. Con la ayuda de los cristales líquidos se construyen muchas de las pantallas con que funcionan los aparatos que utilizamos todos los días. Imágenes tomadas y modificadas de:

<http://s.hswstatic.com/gif/lcd-screen.gif>
http://www.lecerveau.org/images/02-7hh_illo2b.gif

Esto se puede aprovechar para permitir o no el paso de la luz, o para seleccionar un color determinado a partir de una fuente de luz blanca. La ventaja de los cristales líquidos es que la energía que debemos utilizar para cambiar sus propiedades es mínima, de modo que resulta inmensamente más fácil utilizar cristales líquidos para manipular la luz que muchas otras tecnologías conocidas.

De hecho, el poder de los cristales líquidos a la hora de manipular la luz es tan grande, que muchos de los dispositivos de investigación que antes utilizábamos --polarizadores, divisores de haces, atenuadores, lentes-- ahora se sustituyen cada vez más por sus equivalentes construidos con cristales líquidos. Esto ha abierto una nueva frontera en la investigación de las propiedades del elemento luminoso que nos rodea.

Bueno, esto ha sido todo por hoy, espero que te des cuenta de que existen sorpresas inesperadas donde uno menos se lo imagina. Aquí hemos visto cómo a partir de una sustancia que a primera vista parecía aburrida o mortal a veces --el colesterol-- se pudo sintetizar una sustancia que resultó tener propiedades completamente inesperadas. La historia de cómo se pudieron aprovechar estas propiedades es tan apasionante que te recomiendo que busques más información, pues te encontrarás con algunos desarrollos tecnológicos que tienen consecuencias trascendentales. Y como siempre te recuerdo, para encontrar éstas y otras historias, la mejor receta es mantener los ojos bien abiertos y hacer un montón de preguntas impertinentes.

Bibliografía

- Lev M. Blinov, *Structure and properties of Liquid Crystals*, Springer science, EU, 2011.
- Hirohisa Kawamoto, *The History of Liquid-Crystal Displays*, Institute of Electrical and Electronic Engineers, EU, 2002.

Créditos por la imagen inicial: Cristal líquido nemático visto con un microscopio polarizado. Tomada de: http://www.nsf.gov/news/mmg/mmg_disp.jsp?med_id=68654