

Metalomesógenos: cristales líquidos en las nuevas tecnologías

Cristián Cuerva de Alaíz

Resumen— En los últimos años se están diseñando materiales cristal líquido con propiedades adecuadas para desarrollar tecnologías nuevas, diferentes e innovadoras. Hablamos de pantallas flexibles y delgadas que podrían “imprimirse” sobre la superficie de un papel, células solares más eficientes y baratas, agentes de imagen y contraste que permitiesen detectar tumores de tan sólo 1 mm de diámetro, músculos artificiales, sensores para la detección de gases, lociones regenerativas para la piel...En definitiva, toda una gama de aplicaciones que persiguen un mismo fin: crear una tecnología más competente y mejor adaptada a las crecientes demandas de la sociedad actual.

Palabras Claves— Metalomesógenos, Cristales líquidos, Pantallas, OLED, Células solares.

1. INTRODUCCIÓN

Desde que el químico austriaco Friedrich Reinitzer descubrió en 1888 los primeros materiales con propiedades cristal líquido [1], todas las investigaciones en este campo se centraron en la preparación de nuevos compuestos que reprodujesen sus observaciones, la mayoría de ellos puramente orgánicos (*mesógenos*). Sin embargo, en 1910 el químico alemán Daniel Vorländer describió por primera vez las propiedades termotrópicas de ciertos carboxilatos de metales alcalinos y aril derivados de mercurio (Figura 1). Este acontecimiento abrió un nuevo camino de posibilidades en el estudio de especies mesogénicas que contienen metales en su estructura, hoy conocidos bajo el nombre de *metalomesógenos* [2].

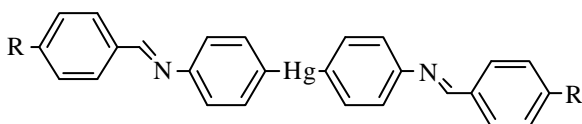


Fig. 1. Estructura molecular de uno de los primeros metalomesógenos estudiados por Vorländer

La incorporación de metales coordinados a ligandos orgánicos permite la obtención de nuevos materiales bifuncionales, sobre la base de combinar la autoorganización de los cristales líquidos (fluidez, orden orientacional) con las propiedades de los metales (eléctricas, magnéticas, luminiscentes, etc). Por otro lado, la capacidad del metal para adoptar diferentes entornos de coordinación constituye un factor determinante para el diseño de nuevas geometrías moleculares, que difícilmente podrían lograrse únicamente con moléculas orgánicas [3]. Los metalomesógenos son, por tanto, un perfecto ejemplo de simbiosis en la ciencia de los materiales avanzados.

En los últimos años, aprovechando el ordenamiento característico que se alcanza en las fases líquido cristalinas, se están sintetizando nuevos metalomesógenos que

actúen, además, como portadores de otras propiedades asociadas tales como la conductividad eléctrica o la estabilidad coloidal. Los científicos buscan especies polifuncionales fácilmente procesables y de gran interés industrial que abran un nuevo horizonte de aplicaciones en campos como el de la optoelectrónica, la energía o la medicina.

Veamos a continuación algunos ejemplos.

2. PANTALLAS OLED

A pesar de las mejoras introducidas en las actuales pantallas TFT-LCD (*Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display*, pantallas de cristal líquido con transistor de película delgada), actualmente existe un mayor interés en el desarrollo de nuevos dispositivos basados en tecnología OLED (*Organic Light-Emitting Diode*, diodo orgánico de emisión de luz). Su construcción se puede llevar a cabo introduciendo un cristal líquido con propiedades luminiscentes [4], [5] y un semiconductor orgánico entre dos electrodos, uno que hará de cátodo y otro que actuará como ánodo (Figura 2). Así, al aplicar un voltaje a través del OLED se generará una corriente eléctrica que circulará entre los dos electrodos, creándose electrones en la capa de emisión (constituida por el cristal líquido luminiscente) y huecos positivos en la capa de conducción (formada por el semiconductor orgánico). Como resultado de las fuerzas electrostáticas que actuarán sobre los portadores de

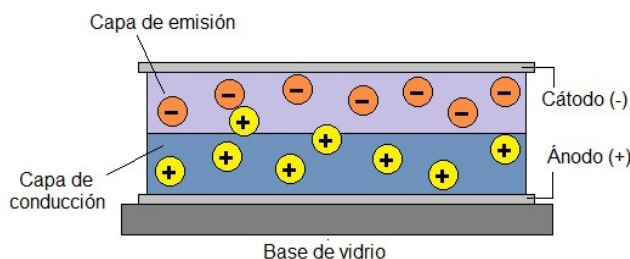


Fig. 2. Esquema del funcionamiento de un dispositivo OLED

carga, el electrón quedará atrapado en el interior del hueco y pasará de un estado energético a otro de menor energía, emitiendo radiación a una longitud de onda dentro del rango del visible.

El empleo de un cristal líquido luminiscente permitiría la fabricación de superficies emisoras, es decir, pantallas que no requerirían una fuente de iluminación trasera como las convencionales LCD. Pantallas delgadas, de tan sólo 5 mm de grosor, que podrían incorporarse al vidrio de una ventana o al de unas simples gafas de sol. Pantallas flexibles y enrollables que pudiesen formar parte del papel de un periódico y reproducir vídeos de pequeña duración. En definitiva, dispositivos con un mayor rango de colores, mayor brillo y contraste, menores tiempos de respuesta y mayor resolución que abrirán el camino hacia una nueva generación de herramientas de información y comunicación [6].

3. CASCOS DE SOLDADURA

Las pantallas de cristal líquido también pueden ser incorporadas sobre cascos de soldadura, dando lugar a un innovador filtro que se oscurecerá rápidamente cuando el soldador comience su trabajo. En este caso, la pantalla lleva incorporada una célula fotoeléctrica y un filtro UV/IR adicional para mejorar la protección, pero el principio de funcionamiento es el mismo que el desarrollado en las pantallas LCD. Cuando la célula fotoeléctrica detecta la luz desprendida al encender el soldador, se genera un campo eléctrico y las moléculas de cristal líquido se ordenan en la dirección del campo, lo que impide la propagación de la luz polarizada. Como consecuencia, ésta no puede atravesar el segundo polarizador y la pantalla se oscurece (célula negra), protegiendo los ojos y la piel del soldador, tal y como se puede apreciar en la figura 3.



Fig. 3. Funcionamiento de la pantalla LCD de un casco de soldadura (a) en reposo y (b) al soldar

4. CÉLULAS SOLARES

La mayoría de las células solares que se fabrican a día de hoy utilizan silicio como material base. Sin embargo, aunque el silicio es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, es necesario llevar a cabo un procesamiento adicional para lograr el grado de pureza necesario, razón por la cual los costes de fabricación se incrementan notablemente [7]. Como consecuencia de ello, a pesar de constituir una forma de obtener energía verde y evitar el uso de combustibles fósiles, la realidad es que se trata de una tecnología al alcance de muy pocos países.

En un intento por conseguir materiales que sean baratos y que ofrezcan mejores rendimientos y propiedades se

pensó que los semiconductores orgánicos podrían ser candidatos adecuados para lograr este propósito [8], [9]. Sin embargo, al ser cristales individuales era más difícil y costoso trabajar con ellos que con un sólido tridimensional inorgánico, por lo que a pesar de introducir mejoras en la eficacia de las celdas, el empleo de estos materiales orgánicos no supuso una mejora de la rentabilidad.

En la actualidad, se está comenzando a estudiar un nuevo tipo de compuestos basados en metalomesógenos que se autoorganizan en columnas, adquiriendo así un empaquetamiento que se asemeja al apilamiento aromático que existe en los semiconductores orgánicos [10], [11].

Desde el punto de vista electrónico, cuando el cristal líquido absorbe parte de la radiación solar incidente, los electrones se excitarán y formarán huecos positivos (Figura 4). Sin embargo, ahora no se busca la recombinación de los portadores de carga como ocurría en las pantallas OLED, sino todo lo contrario, cargas separadas que puedan moverse a través de un circuito externo y permitan la generación de una corriente eléctrica.

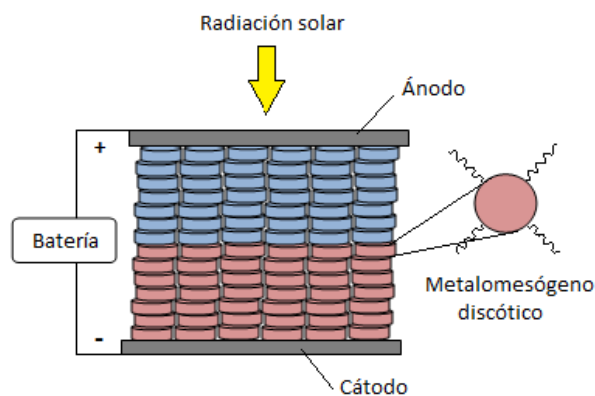


Fig. 4. Esquema del funcionamiento de una célula solar basada en metalomesógenos discóticos.

Para ello es necesario el empleo de cristales líquidos cuyas moléculas tengan forma de disco (metalomesógenos discóticos), favoreciendo, así, la movilidad de los portadores de carga a lo largo de las columnas del cristal líquido. Este diseño permitiría la creación de células solares más eficaces y flexibles, pero sobre todo, más baratas y accesibles a la población mundial.

5. AGENTES DE IMAGEN Y CONTRASTE

En la actualidad, el diagnóstico del cáncer se puede llevar a cabo empleando tres tipos de técnicas complementarias entre sí: analíticas (bioanálisis de fluidos corporales), físicas (biopsia de tejidos) y de imagen (Rayos X, Resonancia Magnética Nuclear y Colposcopia). Sin embargo, la sensibilidad y especificidad que presentan no es suficiente para detectar un tumor en su etapa temprana y, menos aún, en su estado precancerígeno. La capacidad que presentan algunos cristales líquidos (especialmente cristales líquidos basados en lantánidos) para formar disoluciones coloidales y emitir luz ha abierto una nueva línea de aplicaciones en el campo de la medicina como agentes de contraste y de imagen para la detección de tumores en etapas tempranas [12], [13].

Además, la posibilidad que ofrecen para incorporar moléculas bioactivas autoensambladas en la estructura de estos compuestos, los convierte en materiales multifuncionales capaces de encapsular, proteger, transportar y liberar un fármaco de forma controlada. Se prevé que en un futuro próximo, una vez superadas las pruebas realizadas en animales, se comiencen los ensayos clínicos con seres humanos.

6. CONCLUSIONES

El interés de los metalomesógenos en las nuevas tecnologías es un hecho claramente puesto de manifiesto. En los últimos años, la presencia de estos materiales en dispositivos electroópticos, pantallas LCD y OLED, ventanas inteligentes, agentes de imagen, etc., constituye una representación de su importancia en el mundo actual, y el estudio de las organizaciones supramoleculares ha evolucionado hacia una aportación significativa en las nuevas tecnologías de los fotónicos electrónicos moleculares.

La mayor dificultad en el diseño y síntesis de metalomesógenos adecuados para su aplicabilidad deriva, en general, de las altas temperaturas requeridas para la formación de las mesofases y, consecuentemente de la descomposición producida en la mayoría de los casos. Es evidente, pues, la necesidad de desarrollar nuevas estrategias sintéticas para obtener materiales que presenten cada vez mejores propiedades con objeto de desarrollar una tecnología más competente y mejor adaptada a las crecientes demandas de la sociedad actual.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a los miembros del Grupo de Investigación "Materiales Moleculares basados en Compuestos de Coordinación" del Departamento de Química Inorgánica I de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, la participación y ayuda prestada para la elaboración de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] M. Caño, R. Hoyos, E.L. Mangas y P. Pérez, "Cristales Líquidos: Entre lo Sólido y lo Líquido", *MoleQla*, no. 6, pp. 170-175, Jun 2012, ISSN: 2173-0903.
- [2] L. Oriol and J.L. Serrano, "Metallomesogenic Polymers" *Adv. Mater.*, vol. 7, no. 4, pp. 348-369, Apr 1995, doi:10.1002/adma.19950070403.
- [3] R. Giménez, D.P. Lydon and J.L. Serrano, "Metallomesogens: a Promise or a Fact?" *Curr. Opin. Solid State Mat. Sci.*, vol. 6, no. 6, pp. 527-535, Dec 2002, doi:10.1016/S1359-0286(03)00009-3.
- [4] A. Crispini, M. Ghedini and D. Pucci, "Functional Properties of Metallomesogens Modulated by Molecular and Supramolecular Exotic Arrangements", *Beilstein J. Org. Chem.*, vol. 5, no. 54, Oct 2012, doi: 10.3762/bjoc.5.54.
- [5] G. Barberio, A. Bellusci, A. Crispini, M. Ghedini, A. Golemme, P. Prus and D. Pucci, "Columnar Mesomorphism in Hexacatenar Tetrahedral (2,2'-Bipyridine)zinc Complexes and Homologous Palladium Derivatives", *Eur. J. Inorg. Chem.*, no.1, pp. 181-188, Jan 2005, doi: 10.1002/ejic.200400528.

- [6] P. Chamorro, J. Martín, P. Martín y L.M. Navas, *Fundamentos de la Tecnología OLED*. Valladolid, España: Mata Digital, SL, 2008, ISBN: 978-84-936644-0-4.
- [7] M. Castro, "Células Solares de Silicio para Alta Concentración: Industrialización y Células de Contacto Posterior, ETSI Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2009.
- [8] H. Isla, M. Gallego, E.M. Pérez, R. Viruela, E. Ortí and N. Martín, "A bis-exTTF Macrocyclic Receptor that Associates C60 With Micromolar Affinity", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 132, no. 6, pp. 1772-1773, Feb 2010, doi: 10.1021/ja910107m.
- [9] E. Huertas, H. Isla, E.M. Pérez, C. Bo, N. Martín and J. de Mendoza, "Tripodal exTTF-CTV Hosts for Fullerenes", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 132, no. 15, pp. 5351-5353, Mar 2010, doi: 10.1021/ja1006993.
- [10] K. Venkatesan, P.H.J. Kouwer, S. Yagi, P. Müller and T.M. Swager, "Columnar Mesophases from Half-discoid Platinum Cyclometalated Metallomesogens", *J. Mater. Chem.*, no. 18, pp. 400-407, Nov 2007, doi: 10.1039/b714291a.
- [11] S. Debnath, H.F. Srouf, B. Donnio, M. Fourmigué and F. Camerel, "Room-temperature Columnar Mesophases of Nickel-bis(diothiolene)metallomesogens", *RSC Adv.*, no. 10, pp. 4453-4462, Feb 2012, doi: 10.1039/C2RA20332D.
- [12] G. Liu, C.E. Conn and C.J. Drummond, "Lanthanide Oleates: Chelation, Self-assembly, and Exemplification of Ordered Nanostructured Colloidal Contrast Agents for Medical Imaging", *J. Phys. Chem. B*, vol. 49, no. 113, pp. 15949-15959, Nov 2009, doi: 10.1021/jp906344u.
- [13] C.E. Conn, V. Panchagnula, A. Weerawardena, L.J. Waddington, D.F. Kennedy and C.J. Drummond, "Lanthanide Phytanates: Liquid-Crystalline Phase Behavior, Colloidal Particle Dispersions, and Potential as Medical Imaging Agents", *Langmuir*, Vol. 9, no. 26, pp. 6240-6249, Dec 2009, doi: 10.1021/la904006q.



Cristián Cuerva de Alaiz recibió el título de Graduado en Química por la Universidad Complutense de Madrid en 2012, y de Máster en Ciencia y Tecnología Químicas (especialidad en Nanociencia y Nanomateriales) en 2013. Actualmente es doctorando de Química Avanzada en el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid.