

LIQUIDOS IONICOS: FASCINANTES COMPUESTOS PARA LA QUIMICA DEL SIGLO XXI

En la última década los líquidos iónicos (LIs) han suscitado un gran interés tanto en el mundo de la investigación científica como entre los más diversos sectores tecnológicos e industriales. Como dato representativo, la **figura 1** muestra el espectacular crecimiento en cuanto a número de artículos científicos y patentes sobre líquidos iónicos que se han publicado en los últimos 7 años. Este dato junto a la implicación cada vez mayor del sector industrial, está convirtiendo a los LIs en un elemento clave para los más diversos campos de la ciencia, entre los que destacan la "Química Verde", la Electroquímica y los Nanomateriales.



Rebeca Marcilla



David Mecerreyes

Departamento de Nuevos Materiales
CIDETEC, Centro de Tecnologías
Electroquímicas (www.cidetec.es)
Paseo Miramon 196, Donostia-
San Sebastian 20009
dmecerreyes@cidetec.es;
rmarcilla@cidetec.es

¿QUÉ SON LOS LIQUIDOS IÓNICOS Y QUÉ LOS HACE TAN INTERESANTES?

Pero antes de hablar de aplicaciones empecemos por el principio, algunos de ustedes se preguntarán, ¿qué es eso de los líquidos iónicos?, ¿cuáles son las propiedades que los hace tan atractivos? Todos identificamos las dos palabras por separado, sin embargo su asociación puede resultar un poco más confusa; pues bien, los líquidos

iónicos son sales formadas por iones muy asimétricos y de gran tamaño, debido a lo cual presentan fuerzas atractivas catión-anión más débiles que las que se dan en sales iónicas convencionales, lo que provoca que sean líquidos en un amplio intervalo de temperaturas, incluyendo la temperatura ambiente en la mayoría de los casos. El término "líquido iónico" (ionic liquid) se considera sinónimo de "sal fundida" (molten salt) si bien en la práctica se empezó a utilizar cuando se comenzaron a hacer populares las sales fundidas a bajas temperaturas. De manera indicativa, un compuesto suele denominarse sal fundida cuando la temperatura de fusión está por encima de 100 °C mientras que un líquido iónico funde a temperaturas inferiores.

De la posibilidad de combinar el catión; generalmente orgánico, voluminoso y asimétrico, con diversos aniones generalmente inorgánicos aunque también puedan ser orgánicos, ha surgido el término "disolventes de diseño", puesto que la elección de los iones determina las propiedades físico-químicas del LI (punto de fusión, viscosidad, solubilidad, etc.). Los cationes más habituales son los imidazolios di o tri sustituidos,

los piridinio sustituidos, tetraalquilamonios y tetraalquilfosfonios y sus parejas suelen ser aniones halogenuros, sulfatos, sulfonatos, triflatos, amidas e imidas, boratos y fosfatos. En la **Figura 2** se representan algunos de los iones más comunes aunque existen muchos más por lo que las combinaciones se hacen muy numerosas.

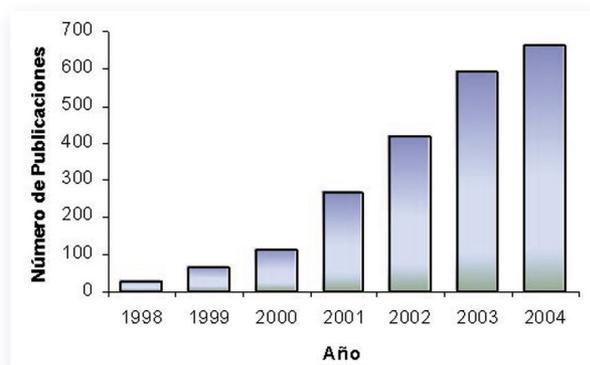


Figura 1. Número de publicaciones científicas referidas a los Líquidos Iónicos en el periodo 1998-2004 de acuerdo a la ISI Web of Science



Figura 2. Cationes y Aniones más comunes en la formulación de los Líquidos Iónicos.

Debido a su naturaleza iónica e híbrida orgánico-inorgánica, los LIs presentan singulares propiedades que los hacen interesantes para diversas aplicaciones. Así, estos líquidos son generalmente buenos disolventes tanto para compuestos orgánicos como inorgánicos, incluyendo sales metálicas. Esto es debido a que los líquidos iónicos son un medio altamente solvatante pero muy poco coordinante. Además, una de sus propiedades más conocidas es su muy baja presión de vapor por lo que se les considera disolventes no volátiles. Esta característica es la base del gran interés que suscitan estos compuestos en química verde para sustituir a los VOC (compuestos orgánicos volátiles) como disolventes en reacciones químicas. Pero además, como se ha comentado anteriormente, la elección del catión y del anión determina la solubilidad y miscibilidad de los LIs en agua y en disolventes orgánicos tradicionales, siendo incontables las combinaciones existentes. Esto los hace interesantes en procesos de extracción puesto que siempre podremos encontrar un LI adecuado para nuestro sistema concreto de extracción. Los LIs presentan también una alta estabilidad térmica hasta temperaturas superiores a los 450 °C en algunos casos, y un alto calor específico. Además, los LIs presentan un amplio intervalo de potencial en el cual son estables, y al que a partir de ahora haremos referencia como intervalo de estabilidad electroquímica. Finalmente, cabe mencionar su elevada conductividad iónica que, junto con el gran intervalo de estabilidad electroquímica los hace potencialmente atractivos como electrolitos en diferentes dispositivos electroquímicos.

EL PAPEL DE LOS LÍQUIDOS IÓNICOS EN LA QUÍMICA VERDE

El objetivo de la "Química Verde" es crear una química más limpia y sostenible que no dañe el medioambiente. Más concretamente, la "Química Verde" es el diseño de productos o procesos que reduzcan o eliminen el uso o la producción de sustancias peligrosas ofreciendo alternativas de mayor compatibilidad ambiental. Junto con la utilización de fluidos supercríticos, la sustitución de los tradicionales disolventes orgánicos volátiles (VOCs) por líquidos iónicos no volátiles como medio de reacción, puede ofrecer una solución conveniente a algunos de

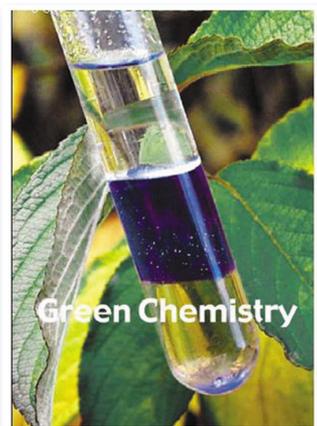


Figura 3.

los problemas medioambientales que sufre la industria química actual, como son la emisión de gases dañinos y el reciclado de los catalizadores.

Uno de los casos más investigados consiste en la utilización de los LIs en catálisis ya que éstos no sólo pueden ser utilizados como disolvente sino que, además, pueden actuar de catalizador o co-catalizador aumentando la velocidad de la reacción, el rendimiento o cambiando su selectividad. Existen numerosos ejemplos y aplicaciones de los LIs en reacciones catalíticas como la reacción de Heck, reacciones Diels-Alder, Friedel-Crafts, esterificaciones o alquilaciones regioselectivas como se ha ilustrado en varias revisiones recientes¹. Además, la solubilidad de ciertos gases como H₂, CO y O₂ en los LIs es generalmente buena, lo que les permite participar en reacciones tales como hidrogenaciones, carbonilaciones, hidroformilaciones y oxidaciones aeróbicas.

Otra aplicación destacada dentro de la "Química Verde" consiste en reemplazar a los disolventes orgánicos tradicionales en procesos de extracción líquido-líquido. Así, los datos presentados por el grupo de Robin D.Rogers reflejan que los coeficientes de distribución para diferentes tipos de solutos en el sistema líquido iónico [BMIM][PF₆]-agua son más adecuados para aplicaciones prácticas que el sistema clásico 1-octanol-agua. Estos sistemas bifásicos están siendo estudiados activamente por diversos grupos que pretenden desarrollar una nueva y limpia tecnología de separación².

Aunque desde los años 80 se vienen estudiado las aplicaciones de los líquidos iónicos como medio de reacción o en catálisis, ha sido recientemente cuando se ha desarrollado el primer proceso industrial que emplea líquidos iónicos. Concretamente, el proceso consiste en añadir metilimidazol en lugar de trietilamina para eliminar el ácido clorídrico en el proceso de producción de diclorofenilfosfina, mejorando hasta diez veces el rendimiento de dicha reacción gracias a la fácil separación del líquido iónico obtenido como producto secundario. Por este motivo, la compañía BASF ha recibido el prestigioso premio Innovation Award 2004 de la European Chemical News y ha pasado a la historia por implantar el primer proceso químico que utiliza líquidos

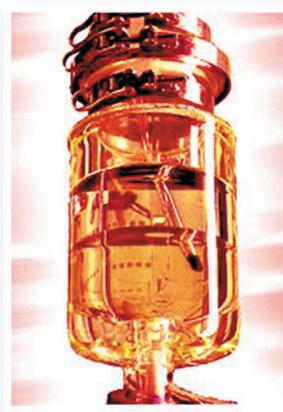


Figura 4. Fotografía de un reactor del proceso BASIL. El Líquido Iónico se separa del medio de reacción permitiendo la mejora del rendimiento de la reacción

iónicos a gran escala. BASF ofrece actualmente licencias del proceso denominado BASIL (biphasic acid scavenging utilising ionic liquids) ya que se puede utilizar en otras reacciones como acilaciones, fosforilaciones, sulfonaciones y silylaciones (**Figura 4**).

Como última aplicación dentro de la "Química Verde" merece la pena destacar la utilización de líquidos iónicos como disolventes en reacciones catalizadas por enzimas. Una de las principales ventajas que se ha identificado es que, al contrario que otros disolventes orgánicos polares, los líquidos iónicos no desactivan las enzimas permitiendo reacciones con sustratos polares que anteriormente no eran posibles. En otros casos la utilización de los líquidos iónicos en biocatálisis ofrece una mayor selectividad, alta velocidad de reacción e incluso mayor estabilidad de las enzimas.³

LOS LÍQUIDOS IÓNICOS EN ELECTROQUÍMICA

Los LIs presentan una serie de propiedades (elevada conductividad iónica, amplio intervalo de estabilidad electroquímica) que hacen que su presencia en las diferentes ramas de la Electroquímica esté cada vez más consolidada, presentando aplicaciones como electrolito en síntesis electroquímica, disolvente en electrodeposición de metales, baterías, supercondensadores, pilas de combustible, células solares y dispositivos basados en polímeros conductores como sensores electroquímicos, músculos artificiales y dispositivos electrocrómicos.

Uno de los temas de mayor interés industrial en electroquímica es el de la electrodeposición de metales. Como norma general, la variedad de metales que pueden ser electrodepositados en un determinado medio viene limitado por la estabilidad electroquímica de dicho medio. En este sentido, la principal ventaja de los LIs frente a las tecnologías en medio acuoso es su amplio intervalo de estabilidad electroquímica. Mientras las soluciones acuosas presentan un intervalo de estabilidad electroquímica de 2 V, el intervalo de estabilidad electroquímica que presentan algunos LIs varía entre 2

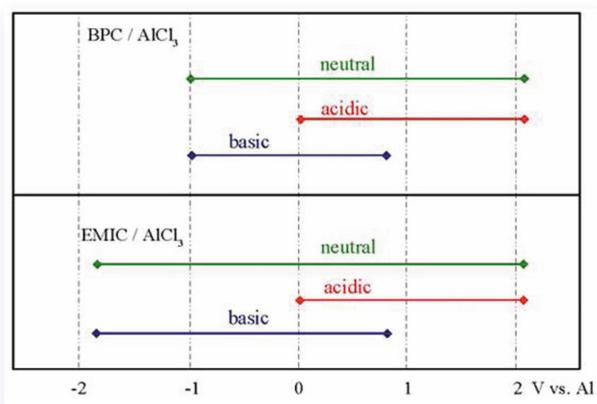


Figura 5. Intervalo de estabilidad electroquímica para la electrodeposición de aluminio en medio líquido iónico BPC/AICl₃ y EMIC/AICl₃

y 4 V dependiendo del PH del medio, pudiendo llegar incluso hasta los 6V (**Figura 5**). Los estudios llevados a cabo hasta el momento se han centrado en la electrodeposición de metales como el aluminio, que son demasiado electropositivos para ser depositados a partir de las convencionales disoluciones acuosas⁴. Esto es, es necesario aplicar un potencial muy elevado a la disolución para conseguir la deposición del metal produciéndose reacciones electroquímicas no deseadas en el electrolito acuoso. Además del aluminio también se ha estudiado la electrodeposición de litio, níquel, cobre, cadmio, estaño, antimonio, zinc, plata o semiconductores como el germanio y silicio.

Cabe destacar que los LIs se están investigando por diversas empresas en procesos sustitutos de los procesos tóxicos de cromo (VI). La mayor desventaja de los sistemas de electrodeposición de cromo que se llevan a cabo en la industria actual es que requieren del uso de electrolitos que contienen cromo hexavalente Cr (VI). Este material es tóxico y cancerígeno y su uso se está restringiendo por parte de los gobiernos y autoridades sanitarias. Pues bien, la investigación de LIs en este tipo de sistemas ha conducido al desarrollo de un proceso de deposición de cromo que usa líquidos iónicos conteniendo sales de cromo (III), significativamente menos tóxicas.

Por otro lado, una de las aplicaciones más destacadas de los LIs es su utilización como electrolito avanzado en diferentes dispositivos electroquímicos. Así los LIs están revolucionando varios campos científico tecnológicos y el de la baterías no es una excepción. Las baterías de NiCd y NiMH están siendo reemplazadas por baterías de ión-litio. Sin embargo el funcionamiento de las baterías de ión-litio viene limitado por que se requiere una elevada conductividad del electrolito y este requerimiento es difícil de cumplir manteniendo la robustez del electrolito, su seguridad y óptimo funcionamiento. Aunque en los últimos años se ha logrado un gran avance en el campo de los electrolitos poliméricos y estos desarrollos han llegado a baterías de litio comerciales, todavía queda un amplio camino por recorrer. Recientemente, debido a que algunos LIs presentan valores de conductividad iónica de 10⁻²-10⁻¹ S/cm y despreciable presión de vapor, la incorporación de líquidos iónicos al electrolito polimérico se ha planteado como una estrategia muy prometedora. En este sentido Passerini y cols. han descrito recientemente un electrolito sólido con valores de conductividad iónica del orden de 10⁻³ S/cm a 30°C conteniendo un 150% de líquido iónico en su formulación⁵.

Las ventajas que ofrecen los líquidos iónicos para su uso en supercondensadores son básicamente las mismas que ofrecen en las baterías: alta concentración de iones, alta conductividad iónica, despreciable presión de vapor, estabilidad térmica, no inflamables y no corrosivos. Varios grupos han demostrado que tanto la velocidad de respuesta como el número de ciclos son mejorados por el LI principalmente en supercondensadores basados en polímeros conductores pero tam-

bién en supercondensadores híbridos (carbón activo/polímero conductor)⁶.

Otro de los prometedores campos de aplicación de los LIs son las pilas de combustible de membrana polimérica (PEMFC). Las principales características de las pilas de combustible son su alta eficiencia, la limpieza de la reacción asociada y su bajo impacto ambiental. No causan problemas de polución ni ruido. Es por eso que, en la actualidad, han adquirido un gran potencial de desarrollo. Hoy en día el electrolito más utilizado es el polímero perfluorado Nafion, comercializado por DuPont debido a que combina estabilidad mecánica, química y térmica junto con una elevada conductividad protónica cuando se encuentra humidificado. Además de su alto precio, el Nafion presenta el inconveniente de que debe utilizarse a temperaturas inferiores a la de ebullición del agua (100 °C), puesto que su presencia es un requisito indispensable para una conducción protónica adecuada. Trabajar a elevadas temperaturas es muy interesante por varias razones: la cinética de oxidación del metanol mejora y los problemas de envenenamiento del catalizador por adsorción de CO se reducen considerablemente en el intervalo 150-200 °C. Esto hace que el desarrollo de nuevos materiales poliméricos capaces de conducir protones en ausencia de agua y presentar buenas propiedades mecánicas a altas temperaturas, es uno de los grandes retos científicos en este campo y en que los LIs pueden jugar un papel clave como lo confirman las investigaciones de diferentes grupos mundiales en este campo. Por poner un ejemplo, se está investigando la incorporación de líquidos iónicos en las tradicionales membranas de Nafion. Doyle y cols demostraron que los LIs proporcionan excelente estabilidad y la conductividad protónica de las membranas se mantiene elevada a altas temperaturas (0.1 S/cm a 180 °C)^{7a}. Otras líneas de investigación se centran en la síntesis de nuevos líquidos iónicos que presenten conducción protónica utilizando una extensa variedad de aminas orgánicas, bases de Bronsted neutralizadas utilizando superáridos en ausencia de disolventes^{7b}. Estos LIs exhiben altos valores de conductividad protónica ($\sigma=10^{-2}$ S/cm a 130 °C) dando buenos resultados como electrolito para la oxidación del H₂ y la reducción del O₂ en presencia de electrodos de platino en condiciones de no-humidificación, lo cual muestra las oportunidades de estos líquidos iónicos protónicos como conductores de protones anhidridos a altas temperaturas (**Figura 6**).

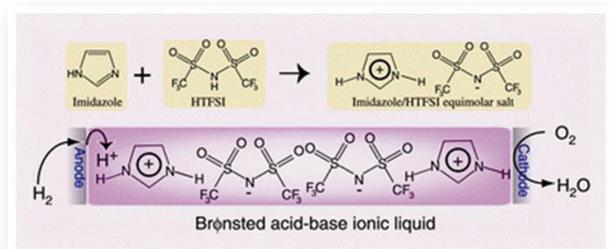


Figura 6. Líquido iónico propuesto por Watanabe y cols.^{7b} como electrolito en una pila de combustible de hidrógeno.

A día de hoy las células solares fotovoltaicas constituyen una alternativa sólida como fuente de energía limpia y renovable. Sin embargo, los costes de fabricación de las células solares fotovoltaicas de silicio cristalino son demasiado altos. Por esta razón, se están investigando y desarrollando diversas tecnologías fotovoltaicas alternativas a las de silicio cristalino, con el objetivo de obtener células solares totalmente orgánicas, fáciles de fabricar, con gran superficie activa y flexibles (no rígidas).

Un ejemplo representativo, es la célula solar fotoelectroquímica que desarrolló el grupo de Michael Grätzel basada en semiconductores nanoestructurados sensibilizados con un colorante (dye-sensitized solar cell)⁸. (**Figura 7**) El funcionamiento de dicha célula está basado en la utilización de un film de TiO₂ nanoporoso o nanoparticulado recubierto de un colorante. Los poros de la matriz se llenan con un medio conductor iónico que contenga un mediador redox (I₃⁻/I⁻). Grätzel y cols. han realizado numerosos estudios investigando las mejoras de la aplicación de LIs en este tipo de células solares. Los trabajos más recientes están relacionados con la utilización de electrolitos poliméricos tipo gel basados en LIs, reportando una célula solar con una eficiencia de conversión del 5.3%.

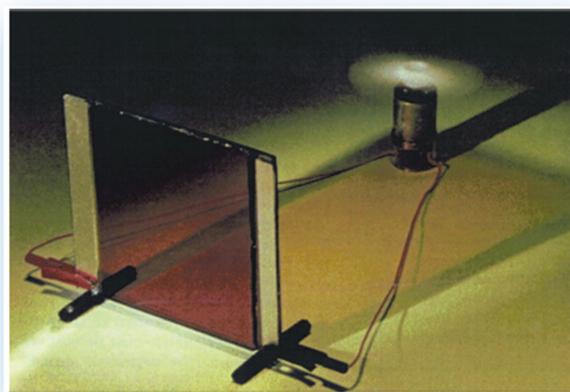


Figura 7. Célula solar fotoelectroquímica desarrollada por el grupo de Michael Grätzel.

Los polímeros conductores como la polianilina, el poliotiofeno o el polipirrol son materiales con aplicaciones en áreas muy diversas y cuyos descubridores recibieron el premio Nobel de Química en el año 2000. Varias de ellas están relacionadas con dispositivos electroquímicos como sensores, membranas de separación, músculos artificiales o dispositivos electrocromáticos en los cuales se aprovechan los cambios químicos o físicos que acompañan a los procesos redox que tienen lugar en estos materiales. En el funcionamiento de los dispositivos el electrolito juega un papel fundamental ya que son los iones presentes los que van a formar parte de la estructura del polímero conductor durante los ciclos de oxidación-reducción. Como ejemplo representativo, la oxidación/reducción electroquímica de los polímeros conductores lleva asociado un cambio de vo-

lumen del material que puede ser utilizado para diseñar un dispositivo electromecánico como es un músculo artificial. En estos dispositivos los requerimientos de los electrolitos son muy elevados. Investigaciones recientes han demostrado que cuando los LIs se utilizan como electrolito en músculos artificiales basados en polímeros conductores se mejora la eficiencia electromecánica y el tiempo de vida del músculo aumenta considerablemente puesto que el amplio intervalo de estabilidad electroquímica que presentan proporciona un grado adicional de estabilidad.

Diversos grupos han introducido LIs en electrolitos poliméricos, como ejemplo el grupo de McFarlane y cols. ha desarrollado novedosos electrolitos poliméricos basados en LIs (Polymer-in-ionic liquid electrolytes, PILEs) para ser utilizados en actuadores electromecánicos que presentan resultados adecuados tanto de estabilidad mecánica como de tiempo de vida⁹.

Otro fenómeno físico químico que tiene lugar durante la oxidación/reducción electroquímica de los polímeros conductores es el electrocromismo, que se basa en el diferente color que presentan estos polímeros en los estados oxidados o reducidos. Este fenómeno es aprovechado en los dispositivos electrocromáticos para diseñar dispositivos, gafas electrocromáticas o ventanas inteligentes que se oscurezcan por efecto eléctrico (**Figura 8**).

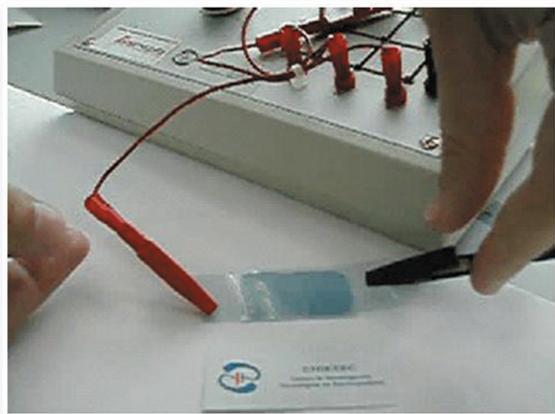


Figura 8. Dispositivo electrocromático plástico desarrollado en CIDETEC utilizando LIs como electrolitos.

MacFarlane y cols han estudiado el funcionamiento de diversos tipos dispositivos electrocromáticos basados en polímeros conductores y que utilizan líquidos iónicos (LIs) como electrolito. Este tipo de dispositivo necesita bajos voltajes de operación para un óptimo funcionamiento presentando además un aumento considerable del tiempo de vida y mostrando una ciclabilidad superior¹⁰.

LÍQUIDOS IÓNICOS Y NANOMATERIALES

El término nanotecnología se refiere al diseño, fabricación y utilización de materiales (que reciben la denominación genérica de nanomateriales) o dispositivos (nanodispositivos) de dimensiones en la escala de

los nanómetros (<100 nm), es decir, en el orden de la milmillonésima de metro. Este rango de longitudes incluye desde átomos y moléculas individuales hasta cadenas poliméricas y proteínas de considerable longitud, lo que convierte a las nanotecnologías en un campo multidisciplinar de interés preferente para disciplinas científicas como la química, la electroquímica, la física y la biología molecular entre otras. Quizás el ejemplo más claro y popular de nanomaterial con aplicaciones prometedoras sean los nanotubos de carbono. Desde su descubrimiento en 1991, a cargo del japonés Sumio Iijima, los nanotubos de carbono han recibido una atención considerable debido a sus extraordinarias propiedades estructurales y electrónicas. Una de las limitaciones de los nanotubos es que se encuentran fuertemente enredados unos con otros en una compleja estructura que les proporciona al mismo tiempo unas propiedades únicas pero un difícil procesado.

Recientemente un grupo de investigadores japoneses ha publicado la posibilidad de utilizar nanotubos de carbono y LIs para formar geles físicos que puedan ser utilizados en nuevos dispositivos electrónicos, materiales antiestáticos y tintas electroconductoras^{11a}. La formación de los geles se atribuye a interacciones de tipo π - π mediante las cuales los nanotubos se rodean de moléculas de líquido iónico y forman una estructura tridimensional ordenada que tiene comportamiento de gel físico (**Figura 9**). Debido a la no-volatilidad de los LIs los geles así obtenidos son térmicamente estables y no se secan ni se arrugan incluso cuando son sometidos a vacío. En un experimento posterior estos autores usaron un gel formado por un líquido iónico polimerizable para preparar un material plástico altamente electroconductor. Aida y cols. explican además que, incorporando solamente un 4% en peso de nanotubos de carbono, las propiedades mecánicas del polímero se ven incrementadas en alrededor de un 400 %, con una conductividad eléctrica de 0.56 S/cm. Por otro lado, varios grupos están investigando la pareja nanotubo de carbono-LI como material electródico-electrolito estudiando el comportamiento electroquímico de este particular sistema y sus posibles aplicaciones^{11b}.

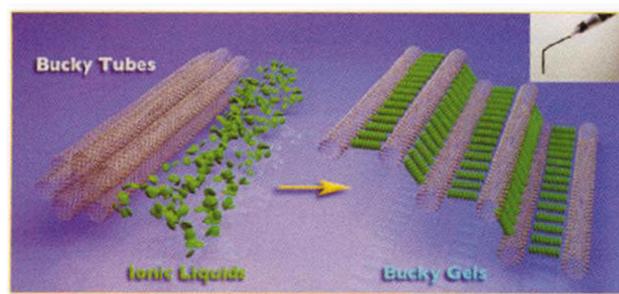


Figura 9. Esquema representativo de los geles obtenidos utilizando nanotubos de carbono y LIs

Otro ejemplo clásico de nanomaterial son las nanopartículas metálicas que presentan propiedades físico-químicas muy particulares lo cual les hace interesantes en usos electrónicos, magnéticos, optoelectrónicos, farmacéuticos, biomédicos, cosméticos, energéti-

cos, sensores o catalíticos. Existen diversas investigaciones recientes relacionadas con los LIs y las nanopartículas. Así, Kim y cols. han desarrollado un nuevo método de síntesis de nanopartículas de oro y platino en una etapa utilizando para ello nuevos LIs funcionalizados con tioles. Estos LIs funcionan como agentes estabilizantes de las nanopartículas que se obtienen con el atractivo añadido de que este método da lugar a partículas de pequeño tamaño (2-4 nm) y distribuciones uniformes^{12a}. Otras investigaciones similares están relacionadas con la formación y estabilización de nanopartículas de otros metales como por ejemplo: iridio, rodio, rutenio o TiO₂. Pero los LIs no son útiles únicamente como medio de síntesis de estas nanopartículas, ya que también pueden ser utilizados para modificar la superficie de las nanopartículas. Itoh y cols. han publicado recientemente la síntesis y propiedades de nanopartículas de oro modificadas con LIs basados en el catión imidazolio. Estos autores han propuesto el uso de las nanopartículas de oro modificadas con un LI como un sensor óptico para aniones, ya que la presencia de ciertos aniones en el medio puede inducir cambios en el color de las dispersiones acuosas de nanopartículas de oro^{12b} (**Figura 10**).



Figura 10. Fotografía de dispersiones de nanopartículas de oro^{12b} funcionalizadas con un LI de tipo imidazolio en presencia de diferentes aniones: Cl⁻, Br⁻, BF₄⁻, PF₆⁻

Por último, los LIs pueden utilizarse además como medios de transferencia de nanopartículas metálicas de una fase acuosa a una fase orgánica. El grupo de Wei y cols. ha desarrollado un método para transferir nanopartículas de oro a diferentes disolventes orgánicos incluyendo LIs por simple agitación^{13a}. Más recientemente, CIDETEC ha propuesto un simple método de captura y transferencia de fase líquido-líquido de nanopartículas de plata^{13b} (**Figura 11**). Este nuevo

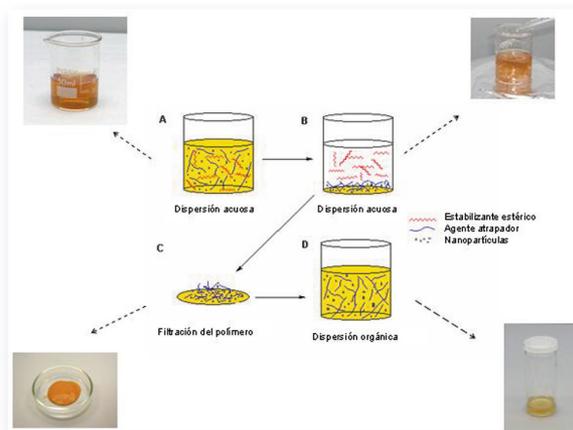


Figura 11. Proceso de transferencia de fase de nanopartículas de plata utilizando un líquido iónico polimérico (PIL)

método utiliza un polímero con una estructura química similar a un líquido iónico denominado PIL (polymeric ionic liquid o líquido iónico polimérico) como vehículo de transferencia de fase. Este PIL precipita en agua al añadir ciertas sales atrapando cuantitativamente a las nanopartículas de plata en su interior. El sólido polimérico puede ser fácilmente recuperado por filtrado y disolverse posteriormente en diferentes disolventes orgánicos. Las nanopartículas de plata se redispersan manteniendo su forma y tamaño iniciales. Este método no sólo nos ofrece la posibilidad de mantener a las nanopartículas almacenadas en un polímero sólido sino que sirve para transferir las nanopartículas u otros nanoobjetos desde el agua a todo tipo de disolventes orgánicos.

CONCLUSIONES

Los líquidos iónicos y sus aplicaciones tecnológicas constituyen un apasionante y emergente campo de investigación. Aunque en sus inicios la mayor parte de las investigaciones estaban relacionadas con su utilización en la "Química Verde", posteriormente se han realizado grandes avances utilizando los LIs en diversas aplicaciones y dispositivos electroquímicos avanzados. Además, la utilización de los LIs en el diseño de nanomateriales supone uno de los campos más actuales y prometedores en Nanotecnología debido a las muy diversas aplicaciones de estos compuestos.

REFERENCIAS:

- (1) a) T. Welton, Chem. Rev.99, 1999, 2071 b) P. Wasserscheid and T. Welton "Ionic Liquids in Synthesis" Wiley-VCH, Weinheim, **2003**.
- (2) Ionic Liquids: Industrial Applications to Green Chemistry Edited by Robin D. Rogers and Kenneth R. Seddon. American Chemical Society, Washington, DC. **2002**.
- (3) S. Park, R.J. Kazlauskas, *Current Opinion in Biotechnology* **2003**, 14, 432,
- (4) A.P. Abott, C.A. Eardley, N. Farley, G.A. Griffith, A. Pratt, *Journal of Applied Electrochemistry* **2001**, 31, 1345
- (5) J. Shin, W. A. Henderson, S. Passerini,

Electrochemical Communications **2003**, 5, 1016

(6) J. D. Stenger-Smith, C. K. Webber, N. Anderson, A. P. Chafin, K. Zong, J. R. Reynolds, *Journal of the Electrochemical Society* **2002**, 149 (8), A973

(7) a) M. Doyle, S. K. Choi, G. Proulx, *Journal of The Electrochemical Society* **2000**, 147 (1), 34 b) M. A. B. H. Susan, A. Noda, S. Mitsushima, M. Watanabe, *Chemical Communications* **2003**, 8, 938

(8) P. Wang, S. M. Zakeeruddin, P. Comte, I. Exnar, M. Grätzel, *Journal of the American Chemical Society* **2003**, 125, 1166

REFERENCIAS:

(9) D. Zhou, G. M. Spinks, G. G. Wallace, C. Tiyaipoonchaiya, D. R. MacFarlane, M. Forsyth, J. Sun, *Electrochimica Acta* **2003**, 48, 2355

(10) W. Lu, A. G. Fadeev, B. Qi, E. Smela, B. R. Mattes, J. Ding, G. M. Spinks, J. Mazurkiewick, D. Zhou, G. G. Wallace, D. R. MacFarlane, S. A. Forsyth, M. Forsyth, *Science* **2002**, 397, 983

(11) a) T. Fukushima, A. Kosaka, Y. Ishimura, T. Yamamoto, T. Takigawa, N. Ishii, T. Aida, *Science* **2003**, 300, 2072 b) J. N. Barisci, G. G. Wallace, D. R.

MacFarlane, R. H. Baughman, *Electrochemistry Communications* **2004**, 6, 22

(12) a) K. Kim, D. Demberelnyamba, H. Lee, *Langmuir* **2004**, 20, 556 b) H. Itoh, K. Naka, Y. Chujo, *Journal of the American Chemical Society*, **2004**, 126, 3026

(13) a) G. T. Wei, Z. Yang, C. Lee, H. Yang, C. R. C. Wang, *Journal of the American Chemical Society* **2004**, 126, 5036 b) R. Marcilla, L. Curri, D. Cozzoli, M. T. Martínez, I. Loinaz, H. Grande, J. A. Pomposo, D. Mecerreyes, *Small*, en proceso de publicación.



IUPAC ICOS-16



16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ORGANIC SYNTHESIS

June 11-15, 2006
Mérida, Yucatán, México

The organizing committee invites you to attend this magnificent event, where the most recent advances in synthetic organic chemistry will be discussed. In addition, we hope that the meeting will promote interaction and collaboration among chemists from around the world. The colonial city of Mérida (the White City), in the Yucatán Peninsula, is a quiet, safe and quaint city. Yucatán is rich in archeological Mayan sites, beautiful beaches, spectacular reefs, and a number of ecological reserves where the particularly rich flora and fauna of the region can be enjoyed.

For additional information on the Conference's scientific program, registration procedures, hotel accommodations, submission of contributions for poster presentations, important deadlines, etc., please visit the website for ICOS-16:

http://www.relaq.mx/RLQ/IUPAC_ICOS-16.html

Any inquiries concerning registration should be addressed to:

Secretariat of IUPAC ICOS-16 Fax: +52-55-5061-3897

E-mail: marycarmen@relaq.mx



II CURSO DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE COMPUESTOS ORGANOMETÁLICOS EN DISOLUCIÓN



CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO
Almería, del 20 al 22 de febrero de 2006
Grupo de Química Orgánica y Organometálica

INFORMACIÓN

Coordinador del Curso:

Fernando López Ortiz

Tlf. +34 950 015478

Fax. +34 950 015481

Correo-E: flortiz@ual.es

Secretario:

Juan Miguel Expósito López

Tlf. +34 950 015650

Correo-E: jexposit@ual.es