

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 428**

51 Int. Cl.:

C07D 295/084 (2006.01)

H01M 10/0568 (2010.01)

H01G 11/62 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.03.2018** **PCT/FR2018/050682**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2018** **WO18172696**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2018** **E 18715217 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.05.2021** **EP 3601244**

54 Título: **Líquidos iónicos, electrolitos y dispositivo que los comprenden**

30 Prioridad:

23.03.2017 FR 1752436

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.12.2021

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CADRA, STÉPHANE;
SZYMCZAK, JONATHAN;
LE DIGABEL, MATTHIEU y
BILLER, AGNÈS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 882 428 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Líquidos iónicos, electrolitos y dispositivo que los comprenden

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a nuevos líquidos iónicos que resultan de la asociación entre un catión específico y un anión específico, presentando estos líquidos iónicos, en concreto, buenas propiedades de conductividad, y más específicamente una conductividad que puede ser superior a 1 mS/cm. La invención también se refiere a nuevas sales utilizables como líquidos iónicos según la invención o como productos intermedios para el diseño de líquidos iónicos de conformidad con la invención.

Una sal se obtiene por asociación de un compuesto aniónico (*a fortiori*, cargado negativamente) con un compuesto catiónico (*a fortiori*, cargado positivamente).

Entre las sales, los líquidos iónicos son sales que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente (siendo el punto de fusión inferior a 20 °C, a diferencia de las sales clásicas, como el cloruro de sodio, que presentan un punto de fusión cercano a 180 °C, pudiéndose representar estos líquidos iónicos mediante la fórmula general siguiente:



en la que:

*A⁺ representa un catión generalmente orgánico; y
 *X⁻ representa un anión orgánico o mineral.

La particularidad de los líquidos iónicos, en lo que se refiere a su estado, procede, en concreto, de la diferencia morfológica entre el anión y la educación (por ejemplo, en lo que respecta al impedimento estérico y a la geometría) poco favorable al establecimiento de una forma cristalina de la sal.

Además, los líquidos iónicos presentan baja toxicidad, una inflamabilidad muy baja, una estabilidad electroquímica y una conductividad iónica interesantes.

Por ello, los líquidos iónicos presentan un gran interés en los campos que necesitan la puesta en práctica de soluciones conductoras de iones, y se pueden utilizar, en concreto, como disolventes de síntesis, soluciones de electrodeposición o también de electrolitos de dispositivos de almacenamiento de energía, tales como las baterías de seguridad de última generación, tales como las baterías de litio-azufre, las baterías de ion litio o también las baterías de flujo redox o también dispositivos solares, tales como celdas solares con pigmento fotosensible.

Sin embargo, en el campo de las baterías, el punto limitante de estos líquidos iónicos sigue siendo su alta viscosidad e incompatibilidad con determinados materiales de electrodos, como es para el grafito, lo que induce una limitación del comportamiento de las baterías en términos de ciclación, la ciclación designa habitualmente el número de ciclos de carga/descarga que puede soportar una batería.

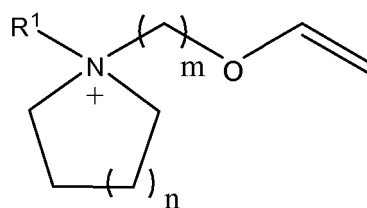
Para superar estos inconvenientes, algunos autores han trabajado en la modificación de líquidos iónicos, por ejemplo, añadiendo funcionalidades específicas al componente catiónico y/o aniónico con el fin de mejorar las propiedades intrínsecas de la sal y darle una funcionalidad particular, por ejemplo, una viscosidad más baja.

En particular, Ferrari *et al.*, en Journal of Power Sources, 194, 45-50, 2009 y Wu *et al.*, en Electrochimica Acta, 184, 356-363, 2015 describen líquidos iónicos que comprenden cationes de pirrolidinio, cuyos grupos alquilo han sido sustituidos por grupos alcoxi, pudiendo los líquidos iónicos resultantes presentar una reducción de viscosidad del 12 % con respecto a sus homólogos alquilo.

En vista de lo ya existente, los autores de la presente invención han desarrollado nuevos líquidos iónicos que presentan, en concreto, una conductividad significativa (al menos superior a 1 mS/cm) y una viscosidad menor compatible con un uso de estos líquidos iónicos como electrolitos y también han desarrollado nuevas sales que pueden usarse como líquidos iónicos de acuerdo con la invención o como sales intermedias para la fabricación de estos líquidos iónicos.

60 **Exposición de la invención**

Estos nuevos líquidos iónicos comprenden así la asociación de un catión que responde a la fórmula (I) siguiente:



(I)

en la que:

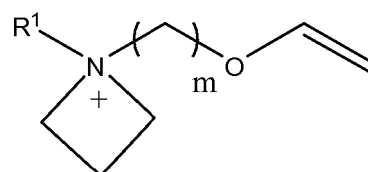
- 5
- R¹ es un grupo hidrocarburo acíclico;
 - n es un número entero comprendido de 0 a 3;
 - m es un número entero comprendido de 1 a 4;

y de un anión seleccionado entre anión nitrato, anión fosfato o anión imida.

10 Se entiende que el catión de fórmula (I) y los aniones mencionados anteriormente están asociados de manera que se garantice la electroneutralidad del líquido iónico resultante (en otras palabras, un líquido iónico en el que la una o varias cargas positivas de dichos uno o varios cationes equilibran la una o varias cargas negativas de dichos uno o varios aniones).

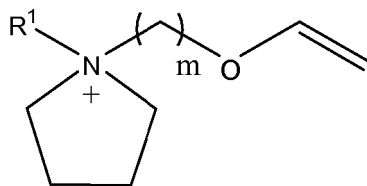
15 Más detalladamente, el catión de fórmula (I) puede corresponder, dependiendo de los valores de n, a una de las fórmulas siguientes:

*para n=0, la fórmula (Ia) siguiente:



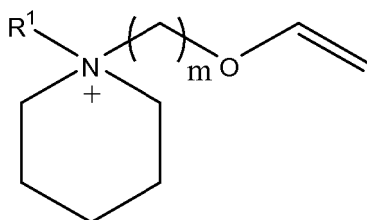
(Ia)

*para n=1, la fórmula (Ib) siguiente:



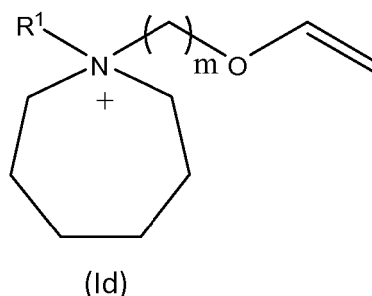
(Ib)

*para n=2, la fórmula (Ic) siguiente



(Ic)

*para $n=3$, la fórmula (Id) siguiente:



De manera ventajosa, los líquidos iónicos de la invención son líquidos iónicos, en los que el catión es un catión de fórmula (I) siendo n es igual a 1 (es decir, en otras palabras, un catión de fórmula (Ib)).

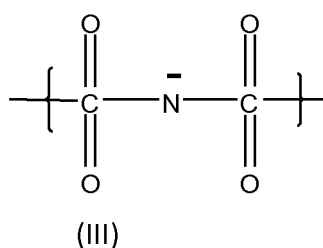
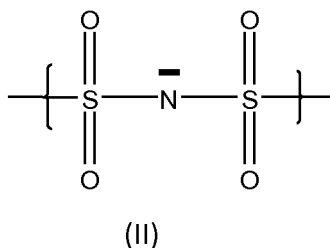
El grupo R^1 es un grupo hidrocarburo acíclico y, más específicamente, se puede tratar de un grupo hidrocarburo acíclico, lineal o ramificado, tal como un grupo alquilo, que tiene de 1 a 4 átomos de carbono. Aún más específicamente, el grupo R^1 puede ser un grupo de fórmula $-C_pH_{2p+1}$, siendo p un número entero comprendido de 1 a 4, por ejemplo, un grupo metilo, un grupo etilo, un grupo n -propilo, un grupo isopropilo, un grupo n -butilo, un grupo isobutilo, un grupo $tert$ -butilo.

Como ejemplo, R^1 puede ser un grupo metilo.

Como ejemplo, m puede ser igual a 2.

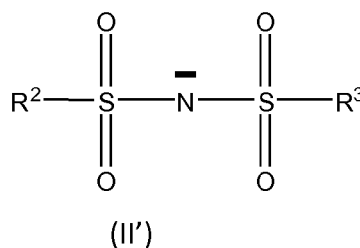
Respecto a los aniones:

- cuando el anión es un anión nitrato, este responde a la fórmula NO_3^- ;
- cuando el anión es un anión fosfato, este responde a la fórmula PO_4^{3-} ;
- cuando el anión es un anión imida, eso significa, tradicionalmente, que incluye un radical imida, cuya carga negativa esté soportada por el átomo de nitrógeno, dicho átomo de nitrógeno está unido a dos grupos carbonilo o a dos grupos sulfonilo, pudiendo dicho radical imida estar representado por una de las fórmulas (II) y (III) siguientes:



indicando los corchetes que los grupos $-SO_2-$ y $-CO_2-$ están unidos a otros grupos.

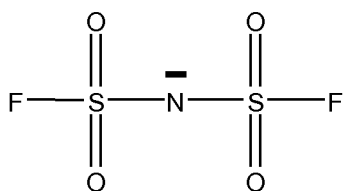
Ventajosamente, el anión es un anión imida, cuya carga negativa esté soportada por el átomo de nitrógeno, dicho átomo de nitrógeno está unido a dos grupos sulfonilo, pudiéndose representar un anión de ese tipo mediante la fórmula general (II') siguiente:



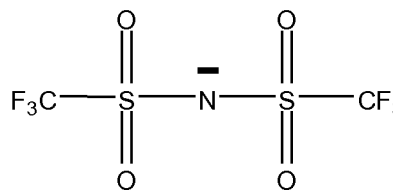
en la que R^2 y R^3 representan, independientemente entre sí, un átomo de flúor o un grupo perfluorocarbonado.

Más específicamente, R^2 y R^3 pueden representar, ambos, un átomo de flúor o, ambos, un grupo perfluorocarbonado, por ejemplo, un grupo perfluorometilo $-CF_3$.

Los aniones imida concretos que responden a estas especificidades son los que tienen las fórmulas (IV) y (V) siguientes:



(IV)

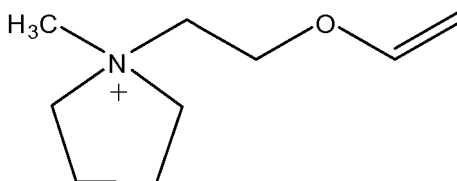


(V)

conocidos también con el nombre de *bis*(fluorosulfonyl)imida y de *bis*(trifluorometanosulfonyl)imida.

Líquidos iónicos, de acuerdo con la invención están, ventajosamente, constituidos por la asociación de un catión de fórmula (Ib) y de un anión que responde a una de las fórmulas (IV) o (V) mencionadas anteriormente.

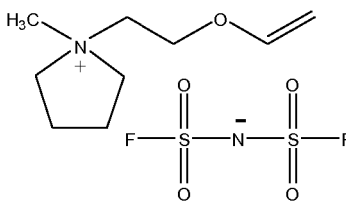
Más específicamente, para el catión de fórmula (Ib), R^1 puede ser un grupo metilo y m puede ser igual a 2, en cuyo caso el catión responde a la siguiente fórmula (II):



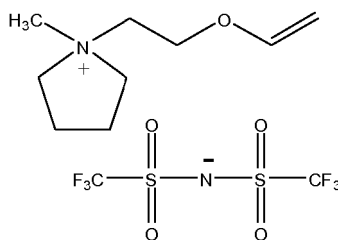
(IIb)

pudiendo denominarse este catión N-(metil)-(2-viniloxyetil)pirrolidinio.

Líquidos iónicos de acuerdo con la invención son líquidos iónicos que resultan de la asociación de un catión de fórmula (IIb) con un anión de fórmula (IV) o (V), líquidos iónicos que responden así a las respectivas fórmulas (VI) y (VII) siguientes:



(VI)



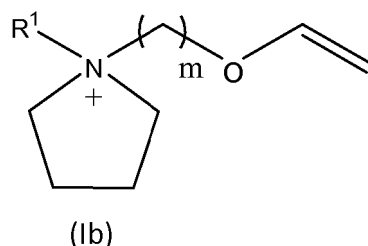
(VII)

pudiendo nombrarse estos líquidos iónicos respectivamente *bis*(fluorosulfonyl)imida de N-(metil)-(2-

viniloxietil)pirrolidinio y *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de N-(metil)-(2-viniloxietil)pirrolidinio.

La invención también se refiere a una nueva familia de sales, algunas de las cuales constituyen líquidos iónicos como se definieron anteriormente o pueden usarse como sales intermedias para la fabricación de líquidos iónicos de acuerdo con la invención.

Estas sales de acuerdo con la invención comprenden la asociación de al menos un catión que responde a la fórmula (Ib) siguiente:



en la que:

- R¹ es un grupo hidrocarburo acíclico;
- m es un número entero comprendido de 1 a 4;

y de al menos un anión Y.

Las variaciones mencionadas anteriormente con respecto a los cationes de fórmula (I) para líquidos iónicos también son válidas para estas sales (en concreto en lo que respecta a R¹ y m).

Se entiende que el uno o varios cationes de fórmula (Ib) y el uno o varios aniones Y están asociados de manera que se garantice la electroneutralidad de la sal resultante (en otras palabras, una sal en la que la una o varias cargas positivas de dichos uno o varios cationes equilibran la una o varias cargas negativas de dichos uno o varios aniones).

El anión Y puede ser un anión (en otras palabras, el contraión asociado al catión de fórmula (I)) seleccionado entre aniones halogenuro (por ejemplo, cloruro, bromuro o yoduro), anión nitrato, anión fosfato, aniones imida. Por ejemplo, el anión Y es un anión halogenuro del tipo cloruro.

En el caso en el que el anión Y es anión nitrato, anión fosfato o anión imida, las sales resultantes constituyen una clase específica de líquidos iónicos de acuerdo con la invención.

Los líquidos iónicos, de acuerdo con la invención, se pueden usar solos o como una mezcla con un sal diferente de aquellas de acuerdo con la invención, sal que puede ser una sal de litio o una sal de potasio, pudiendo dichos líquidos iónicos usarse como electrolitos, en particular, electrolitos para dispositivos de almacenamiento de energía, tales como baterías de iones de litio, baterías de litio-azufre, baterías de flujo redox o también supercondensadores.

También, la invención también se refiere a un electrolito que comprende al menos un líquido iónico como se definió anteriormente.

El electrolito puede comprender, además, al menos una sal de litio o al menos una sal de potasio.

Según un modo particular de la invención, el electrolito puede consistir únicamente en al menos un líquido iónico como se definió anteriormente o puede comprender, además, al menos una sal de litio o al menos una sal de potasio.

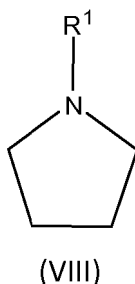
Como ejemplos de sales de litio, se pueden citar hexafluorofosfato de litio (LiPF₆), bis(oxalatoborato) de litio, tetrafluoroborato de litio (LiBF₄), *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de litio (conocido con la abreviatura LiTFSI), *bis*(fluorosulfonil)imida de litio (LiFSI), hexafluoroarsenato de litio (LiAsF₆), nitrato de litio (LiNO₃) o también perclorato de litio (LiClO₄).

Como ejemplos de sales de potasio, se pueden citar hexafluorofosfato de potasio (KPF₆), tetrafluoroborato de potasio (KBF₄), *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de potasio, *bis*(fluorosulfonil)imida de potasio, hexafluoroarsenato de potasio (KAsF₆), nitrato de potasio (KNO₃) o también perclorato de potasio (KClO₄).

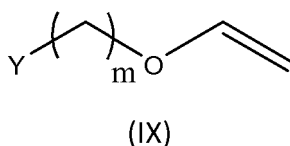
La sal de litio o la sal de potasio puede estar comprendida, en el electrolito, a una concentración que no exceda 1,5 moles de sal por litro de líquido iónico.

Las sales de acuerdo con la invención y los líquidos iónicos de acuerdo con la invención pueden prepararse mediante todo tipo de métodos al alcance de un experto en la materia, tales como métodos que implican sustitución o intercambio iónico.

- 5 Como ejemplos, cuando las sales de acuerdo con la invención constan de, como anión, un anión halogenuro, la preparación puede consistir en hacer reaccionar un compuesto de la siguiente fórmula (VIII):



- 10 siendo R¹ como se definió anteriormente;
con un compuesto de la siguiente fórmula (I):



- 15 siendo m tal como se ha definido anteriormente y correspondiendo Y a un átomo de halógeno.

Sin estar ligados a la teoría, la reacción del compuesto de fórmula (VIII) sobre el compuesto de fórmula (IX) consiste en una sustitución nucleófila que genera un grupo saliente Y, que constituye así un anión halogenuro.

- 20 Como ejemplos, cuando los líquidos iónicos de acuerdo con la invención constan de, como anión, un anión imida, un anión nitrato o un anión fosfato, la preparación puede consistir en un intercambio iónico entre una sal que consiste en la asociación de un catión de fórmula (I) mencionada anteriormente y de un anión halogenuro (siendo las sales para que el catión es de fórmula (Ib) sales de acuerdo con la invención) y una sal que consiste en la asociación de un catión, por ejemplo, alcalino (tal como litio, sodio o potasio) y de un anión imida, un anión nitrato o un anión fosfato (denominándose esta sal, en lo sucesivo, sal secundaria).

- 25 El intercambio iónico se lleva a cabo tradicionalmente en un medio acuoso y se caracteriza por la formación de dos fases: una fase llamada orgánica que comprende la sal que comprende la asociación de un catión de fórmula (I) y de un anión imida, nitrato o fosfato aniónico y una fase acuosa que comprende la asociación de un anión halogenuro y de un catión, por ejemplo, alcalino (obtenido a partir de la sal secundaria).

- 30 La fase acuosa se elimina por decantación y la fase orgánica se somete a un tratamiento que puede implicar una operación de extracción con ayuda de un disolvente orgánico, pudiendo someterse la nueva fase orgánica resultante a continuación a una filtración a través de carbón activado, un secado al vacío y a una deshidratación en zeolita. La deshidratación se puede impulsar hasta obtener una cantidad de agua en el líquido iónico inferior a 50 ppm.

- 35 Como ya se mencionó anteriormente, los líquidos iónicos de la invención, así como los electrolitos definidos anteriormente presentan un gran interés en el campo de almacenamiento electroquímico justificado en concreto, por ejemplo, a causa de su baja inflamabilidad (que es una propiedad intrínseca vinculada a los líquidos iónicos), una conductividad alta (tal como una conductividad superior a 2 mS/cm) y su temperatura de fusión inferior o igual a -20 °C.

- 40 En vista de las propiedades mencionadas anteriormente, las composiciones que comprenden líquidos iónicos de acuerdo con la invención pueden usarse como electrolitos, en particular, en un dispositivo de almacenamiento de energía, por ejemplo, un acumulador de litio.

- 45 La invención se refiere, por lo tanto, a un dispositivo de almacenamiento que comprende al menos una celda que comprende un electrodo positivo y un electrodo negativo separados entre sí por un separador que comprende, un electrolito según la invención. Además, la celda puede conectarse a un depósito, que permite, a través de una bomba, el transporte del electrolito según la invención a nivel del separador. La celda también está conectada a un cargador

para efectuar operaciones de carga.

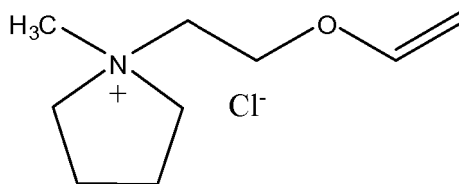
El electrodo positivo puede basarse en un material carbonoso y el electrodo negativo puede basarse en un material litiado, por ejemplo, un material basado en uno o más óxidos metálicos, tal como $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.

La invención se describirá ahora en referencia a los ejemplos suministrados a continuación, dados a modo ilustrativo y no limitativo.

Exposición detallada de las realizaciones particulares

EJEMPLO 1

Este ejemplo ilustra la preparación de una sal de acuerdo con la invención: cloruro de N-(metil)-(2-viniloxietil)pirrolidinio de la siguiente fórmula:



Para hacer esto, se destilan previamente 25 g de 2-cloroviniloxietilo (0,234 mol) y 25 g de metilpirrolidina (0,293 mol) y después se diluyen en 200 ml de acetonitrilo. La mezcla se mantiene en agitación durante 120 horas a 30 °C. A continuación, el exceso de reactivos y el disolvente se evaporan a presión reducida.

Al finalizar esta evaporación, se obtienen aproximadamente 14 g de un líquido amarillo anaranjado (0,073 mol), es decir, un rendimiento de aproximadamente el 30 %.

El líquido obtenido se analiza mediante RMN ^1H y RMN ^{13}C , cuyos resultados se indican a continuación.

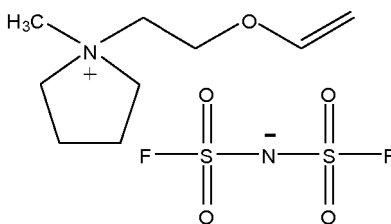
RMN ^1H (D_2O) = 2,16 (br s, 4H); 3,02 (s, 3H); 3,67-3,49 (m, 6H); 4,35-4,17 (m, 4H); 6,2 (m, 1H).

RMN ^{13}C (D_2O) = 21,1 (CH_2); 48,2 (CH_3); 62,2 (CH_2); 62,4 (CH_2); 65,3 (CH_2); 89,0 (CH_2); 150,1 (CH).

Estos resultados confirman que el producto obtenido es la sal que responde a la fórmula definida anteriormente.

EJEMPLO 2

Este ejemplo ilustra la preparación de un líquido iónico de acuerdo con la invención: *bis*(fluorosulfonil)imida de N-(metil)-(2-viniloxietil)pirrolidinio de la siguiente fórmula:



Para hacer esto, 19 g (0,099 mol) de la sal del ejemplo 1 y 22 g de *bis*(fluorosulfonil)imida de potasio (0,100 mol) se disuelven, respectivamente, en 100 ml de agua ultrapura (que presenta una resistividad de $18,2 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$) para formar dos soluciones (respectivamente, una solución que comprende la sal del Ejemplo 1 y una solución que comprende *bis*(fluorosulfonil)imida de potasio). Las dos soluciones se mezclan a temperatura ambiente durante 24 horas. Esta mezcla da como resultado una fase acuosa que comprende cloruro de potasio y los reactivos en exceso y una fase orgánica que comprende esencialmente *bis*(fluorosulfonil)imida de N-(metil)-(2-viniloxietil)pirrolidinio. La fase orgánica se recupera con ayuda de diclorometano y después se transfiere a un embudo de decantación, para lavarla 5 veces con 100 ml de agua ultrapura. La fase orgánica se aísla y después se elimina el diclorometano por evaporación a presión reducida, para obtener un líquido iónico en bruto. Este líquido iónico se diluye a continuación en acetato de etilo y después se añade carbón activado (13 g). La mezcla se agita durante 96 horas a 35 °C. A continuación, el carbón activado se elimina por filtración. A continuación, la solución se purifica añadiendo aproximadamente 25 ± 5 g de alúmina y después la mezcla resultante se agita durante al menos 5 horas a temperatura ambiente. A continuación,

se elimina la alúmina por filtración y después se recupera el líquido iónico tras la eliminación del acetato de etilo por evaporación al vacío (35 °C, 1 mbar) durante 72 horas.

Al finalizar esta eliminación, se obtienen aproximadamente 24 g (es decir, 0,070 mol) de un líquido amarillo pálido.

El líquido obtenido se analiza mediante RMN ¹H y RMN ¹³C, cuyos resultados se indican a continuación.

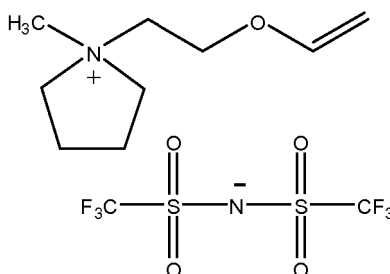
RMN ¹H (CDCl₃)= 2,10 (br s, 4H); 2,90 (s, 3H); 3,55-3,39 (m, 6H); 4,22-3,94 (m, 4H); 6,32 (m, 1H).

RMN ¹³C (CDCl₃)= 21,0 (CH₂); 48,4 (CH₃); 62,1 (CH₂); 62,3 (CH₂); 65,4 (CH₂); 88,9 (CH₂); 150,2 (CH).

Estos resultados confirman que el producto obtenido es el líquido iónico que responde a la fórmula definida anteriormente.

EJEMPLO 3

Este ejemplo ilustra la preparación de un líquido iónico de acuerdo con la invención: *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de N-(metil)-(2-viniloxietil)pirrolidinio de la siguiente fórmula:



El protocolo de síntesis es similar al descrita en el marco del ejemplo 2, excepto que se utilizaron 14 g de cloruro de N-(metil)-(2-viniloxietil)pirrolidinio (0,073 mol) y se utilizaron 21 g de *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de litio (0,073 mol) en lugar de los 22 g de *bis*(fluorosulfonil) imida de potasio.

Se obtienen aproximadamente 22 g de un líquido iónico amarillo pálido.

El líquido obtenido se analiza mediante RMN ¹H y RMN ¹³C, cuyos resultados se indican a continuación.

RMN ¹H (CDCl₃)= 2,17 (br s, 4H); 3,02 (s, 3H); 3,55-3,35 (m, 6H); 4,55-4,02 (m, 4H); 6,20 (m, 1H)

RMN ¹³C (CDCl₃)= 21,1 (CH₂); 48,4 (CH₃); 62,3 (CH₂); 62,5 (CH₂); 65,54 (CH₂); 89,0 (CH₂); 120 (q, CF₃); 150,3 (CH)

Estos resultados confirman que el producto obtenido es el líquido iónico que responde a la fórmula definida anteriormente.

EJEMPLO 4

En este ejemplo, los líquidos iónicos obtenidos en los ejemplos 2 y 3 se caracterizan en términos de conductividad (mS/cm) a 25 °C, de viscosidad (mPa.s) a 25 °C y de temperatura de cristalización (°C).

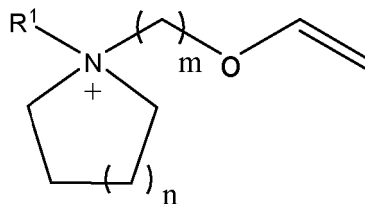
Los resultados se indican en la tabla siguiente.

Líquido iónico	Conductividad (mS/cm)	Viscosidad (mPa.s)	Temperatura de cristalización (°C)
Ejemplo 2	4,7	79,2	-65
Ejemplo 3	2,5	100,8	-67

Los líquidos iónicos presentan valores de conductividad superiores a 2 mS/cm y temperaturas de fusión inferiores a -20 °C. Estos líquidos iónicos presentan, por ello, un interés muy particular para una utilización en sistemas de almacenamiento electroquímico.

REIVINDICACIONES

1. Líquido iónico que comprende la asociación de un catión que responde a la fórmula (I) siguiente:



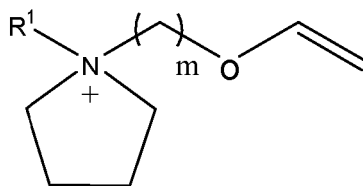
(I)

en la que:

- R¹ es un grupo hidrocarburo acíclico;
- n es un número entero comprendido entre 0 y 3;
- m es un número entero comprendido entre 1 y 4;

y de un anión seleccionado entre un anión nitrato, un anión fosfato o un anión imida.

2. Líquido iónico según la reivindicación 1, en el que el catión de fórmula (I) responde a la fórmula específica (Ib) siguiente:



(Ib)

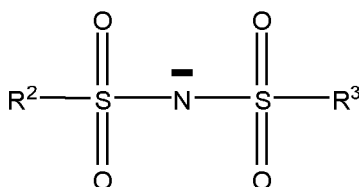
en la que R¹ y m son como se definen en la reivindicación 1.

3. Líquido iónico según las reivindicaciones 1 o 2, en el que R¹ es un grupo alquilo que comprende de 1 a 4 átomos de carbono.

4. Líquido iónico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que m es igual a 2.

5. Líquido iónico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el anión es un anión imida.

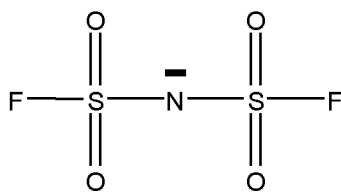
6. Líquido iónico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el anión es un anión imida que responde a la siguiente fórmula (II):



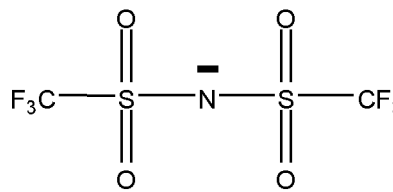
(II')

en la que R² y R³ representan, independientemente entre sí, un átomo de flúor o un grupo perfluorocarbonado.

7. Líquido iónico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el anión es un anión imida que responde a una de las fórmulas (IV) y (V) siguientes:



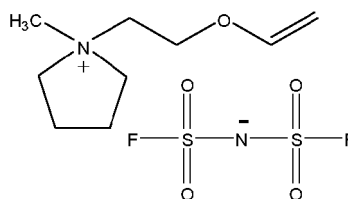
(IV)



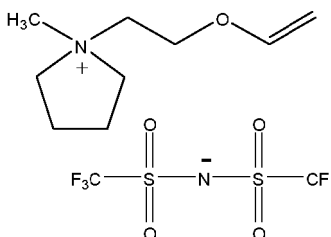
(V)

8. Líquido iónico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que responde a una de las fórmulas (VI) y (VII) siguientes:

5

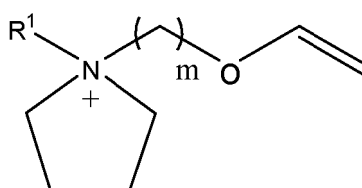


(VI)



(VII)

10 9. Sal que comprende la asociación de al menos un catión que responde a la fórmula (Ib) siguiente:



(Ib)

en la que:

15

- R¹ es un grupo hidrocarburo acíclico;
- m es un número entero comprendido entre 1 y 4;

y al menos un anión Y.

20

10. Sal según la reivindicación 9, en la que el anión Y se selecciona entre aniones halogenuro, anión nitrato, anión fosfato, aniones imida.

25

11. Electrolito que comprende al menos un líquido iónico tal como se define según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

12. Electrolito según la reivindicación 11, que comprende, además, al menos una sal de litio o al menos una sal de potasio.

13. Electrolito según la reivindicación 12, en el que la sal de litio se selecciona entre hexafluorofosfato de litio (LiPF_6), *bis*(oxalatoborato) de litio, tetrafluoroborato de litio (LiBF_4), *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de litio (conocido con la abreviatura LiTFSI), *bis*(fluorosulfonil)imida de litio (LiFSI), hexafluoroarsenato de litio (LiAsF_6), nitrato de litio (LiNO_3) o también perclorato de litio (LiClO_4).

5

14. Electrolito según la reivindicación 12, en el que la sal de potasio se selecciona entre hexafluorofosfato de potasio (KPF_6), tetrafluoroborato de potasio (KBF_4), *bis*(trifluorometanosulfonil)imida de potasio, *bis*(fluorosulfonil)imida de potasio, hexafluoroarsenato de potasio (KAsF_6), nitrato de potasio (KNO_3) o también perclorato de potasio (KClO_4).

10

15. Dispositivo de almacenamiento de energía que comprende al menos una celda que comprende un electrodo positivo y un electrodo negativo separados entre sí por un separador que comprende un electrolito tal como se define según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14.