

Influencia de la humedad en el comportamiento eléctrico de geles $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$

M. A. VILLEGAS y J. R. JURADO

Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Arganda del Rey. Madrid. España.

RESUMEN. Influencia de la humedad en el comportamiento eléctrico de geles $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$.

Se han preparado materiales vítreos del sistema $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$ por el procedimiento sol-gel y se ha estudiado su comportamiento eléctrico mediante espectroscopía de impedancia compleja.

El contenido de Li_2O de las muestras y la humedad de la atmósfera durante la medida son los factores que determinan los valores de conductividad obtenidos. Dicha humedad favorece un aumento de la conductividad debido a la hidratación de los geles. La conductividad eléctrica superficial de las muestras aumenta con su contenido de Li_2O . Tanto los iones Li^+ como las especies conductoras del agua adsorbida en los geles desempeñan un papel fundamental en el proceso de conducción.

PALABRAS CLAVE. Vidrios sol-gel, conductividad eléctrica, impedancia.

1. INTRODUCCION

El procedimiento sol-gel para la preparación de vidrios, materiales cerámicos y otros materiales especiales (por ejemplo, conductores iónicos) se ha venido desarrollando en los últimos años con gran interés (1). La caracterización de dichos materiales y su estudio se ha llevado a cabo mediante muy diversas técnicas, como espectroscopía infrarroja, análisis térmico, difracción de rayos X, microscopía electrónica, etc. Sin embargo, las propiedades eléctricas de los geles han sido escasamente estudiadas (2-8).

Las propiedades eléctricas de geles del sistema $\text{R}_2\text{O-SiO}_2$ ($\text{R} = \text{Li}, \text{Na}$ y K) se han estudiado por espectroscopía de impedancia compleja (9, 10). Los materiales estudiados, con un 5 % molar de óxido alcalino, presentaron valores de conductividad global elevados en comparación con los correspondientes valores de los vidrios convencionales de idéntica composición. Dicha conductividad se atribuye a las especies iónicas del agua adsorbida superficialmente en los geles (fundamentalmente conducción protónica) (10). En los materiales preparados por sol-gel, los iones alcalinos no se encuentran incorporados a una red como ocurre en los vidrios convencionales, sino que, debido al método de preparación de los geles, dichos iones sólo están muy débilmente unidos a la estructura, especialmente a bajas temperaturas (11, 12). Por encima de 500°C , sí es posible su incorporación definitiva, ya que la mayor parte del agua adsorbida en los geles se ha eliminado térmicamente. A partir de esas temperaturas los iones alcalinos conducen la corriente eléctrica de un modo semejante a como lo hacen en un vidrio preparado por fusión (10).

En este trabajo se ha estudiado el comportamiento eléctrico de materiales del sistema $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$ preparados vía sol-gel. Puesto que las medidas llevadas a cabo en aire proporcionan una información limitada del comportamiento eléctrico de estas muestras, su conductividad se midió en atmósfera controlada anhidra y húmeda.

ABSTRACT. Influence of humidity on the electrical behaviour of $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$ gels.

Vitreous materials of the system $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$ have been prepared by the sol-gel procedure. Their electrical behaviour have been studied by complex impedance spectroscopy.

The Li_2O -content of the samples and the atmospheric humidity during measurements are the factors that determine the conductivity data obtained. Such humidity favours an increase of the electrical conductivity due to the hydration of gels. The superficial electrical conductivity of samples increases with Li_2O -content. Both Li^+ ions and conducting species of adsorbed water in gels play an important role in the conduction mechanism.

KEY WORDS. Sol-gel glasses, electrical conductivity, impedance.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Preparación de las muestras

Se prepararon soles de composición $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{SiO}_2$ ($x = 5, 10, 15$, y 20 % molar) a partir de nitrato de litio y de tetraetilortosilicato (TEOS) como productos aportadores de los óxidos finales (tabla I). Como interfase para la homogeneización del sol se utilizó 2-propanol, el cual se añadió a la disolución acuosa de nitrato de litio y del catalizador de la hidrólisis del TEOS (mezcla del HCl 1N y HAc 1N). Por último se añadió el alcóxido de silicio con agitación magnética (relación molar $\text{TEOS:H}_2\text{O:2-propanol}$ de 1:10:2).

TABLA I

COMPOSICIONES DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

Muestra n.º	% Molar	
	Li_2O	SiO_2
5.1	5	95
5.2	10	90
5.3	15	85
5.4	20	80

Transcurridos unos 5-10 minutos se completa la hidrólisis y se obtienen soles homogéneos. Dichos soles se vertieron en cajas de Petri de vidrio y se dejaron gelificar en una estufa a 60°C . La gelificación tuvo lugar en un máximo de 4 h y el secado de las muestras se llevó a cabo durante 10 días a 60°C . Tras el secado se obtuvieron muestras planoparalelas que se trataron a 120°C con una velocidad de calentamiento de $0,1^\circ\text{C min}^{-1}$ y 10 h de estabilización a dicha temperatura. El tratamiento térmico se realizó en una estufa de aire forzado.

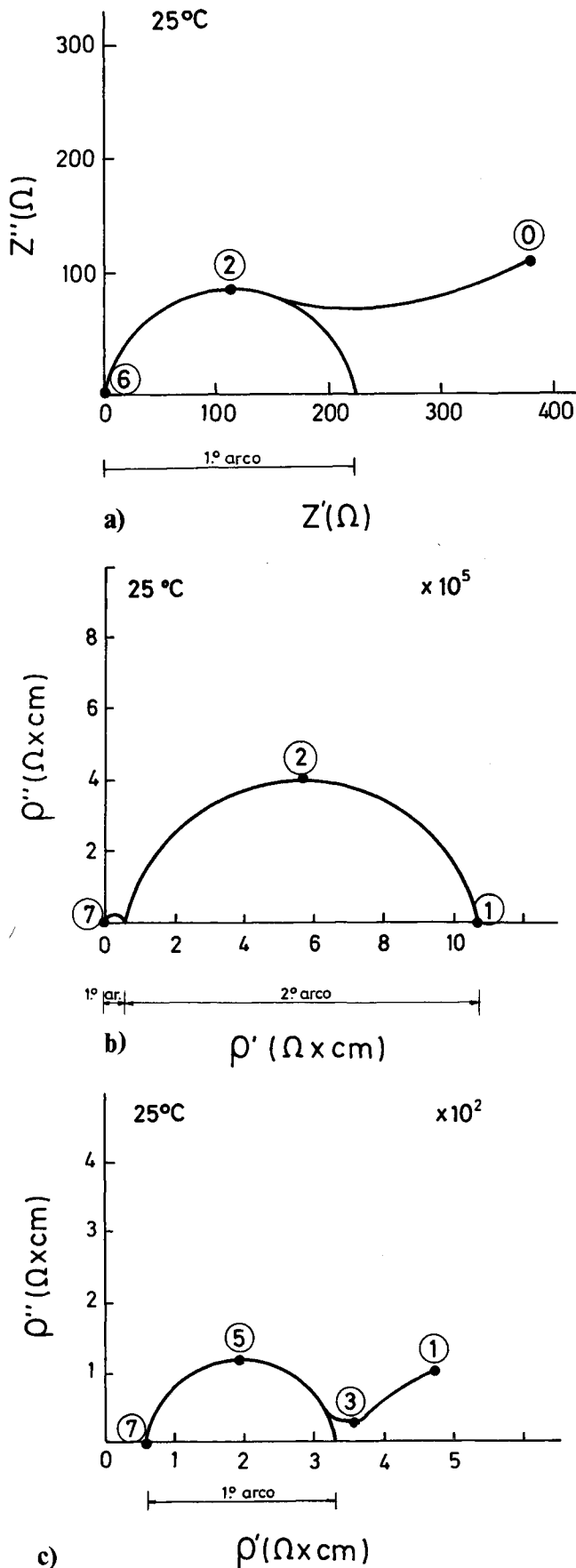


Fig. 1. Espectros de impedancia compleja de la muestra 5.2 obtenidos a 25 °C: a) después de 30 min en aire; b) después de 60 min en aire seco y c) después de 15 min en aire húmedo. Los números señalados indican los logaritmos de las frecuencias utilizadas en hertzios.

2.2. Medidas eléctricas

Los espectros de impedancia compleja se obtuvieron con un analizador de la firma HP modelo 4192 A conectado a un ordenador HP modelo 9000-216. Las medidas se llevaron a cabo con láminas planoparalelas (0,1-0,3 cm de espesor y 0,25-0,65 cm² de superficie) de las muestras tratadas a 120 °C. El intervalo de frecuencias fue de 10-10⁷ Hz.

Las medidas se llevaron a cabo en aire, aire seco y aire húmedo. En los tres casos se utilizó pasta de plata de alta conductividad como electrodos de contacto. La pasta de plata se depositó en ambas caras de las muestras y se dejó secar durante 2 h a 120 °C con el fin de eliminar su componente orgánico. Para las medidas en aire, las muestras se colocaron sobre un portamuestras adecuado en un horno con control de la temperatura. Los espectros de impedancia compleja se registraron a 25, 50, 100 y 125 °C (velocidad de calentamiento 3 °C min⁻¹) después de, al menos, 15-30 min de estabilización a cada temperatura. Por otro lado, se realizaron medidas en función del tiempo a los 6, 30 y 60 min y a las 18 h después de la introducción de las muestras en el horno a cada temperatura. Para las medidas en aire seco y aire húmedo se utilizó un dispositivo de vidrio provisto de cierre hermético en el que se colocó P₂O₅ o agua destilada, así como un portamuestras especial conectado al equipo de medida. En el fondo del recipiente se depositaron 45 g de P₂O₅ anhidro (unos 50 ml en volumen), o 50 ml de agua destilada, respectivamente. En ambos casos los espectros de impedancia compleja se registraron siempre a temperatura ambiente (25 °C) y después de 6, 30 y 60 min una vez introducida la muestra en el dispositivo. En algunos casos se realizaron medidas a tiempos intermedios (10 y 70 min) y después de 18 h (únicamente en atmósfera de aire seco).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los espectros de impedancia compleja de los geles estudiados son muy semejantes a los que se muestran en la fig. 1. El primer arco corresponde a la conductividad interna del material y el segundo a la conductividad interfacial (por ejemplo, a la intercara electrodo-gel).

En la fig. 2 se ha representado la conductividad eléctrica (log σ) de las muestras en función de su contenido de Li₂O,

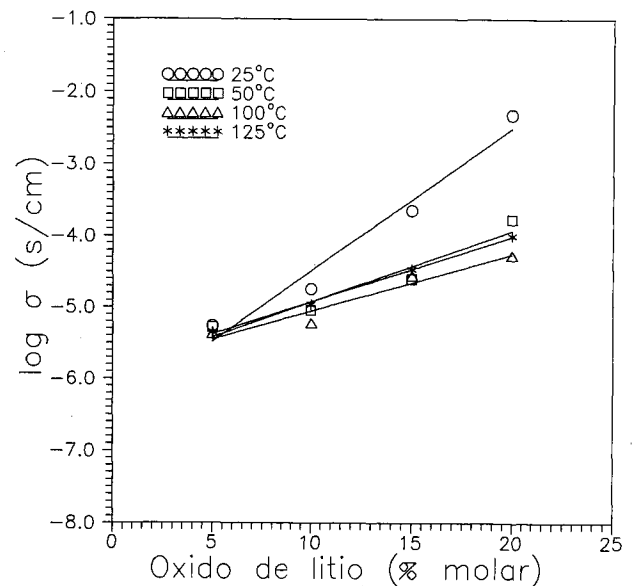


Fig. 2. Conductividad eléctrica de las muestras estudiadas en función de su contenido en Li₂O a varias temperaturas.

a distintas temperaturas. Los datos corresponden a la conductividad obtenida en el punto de intersección del primer arco de impedancia con el eje de resistividad real (ρ') y después de 6 min tras la estabilización a cada temperatura. Se puede observar que la conductividad disminuye con la temperatura debido a la paulatina desaparición del agua adsorbida en la superficie de las muestras. Además, en todos los casos la conductividad aumenta con el porcentaje de Li₂O. Esto puede deberse a un aumento de las especies derivadas del agua absorbida (especialmente H⁺) en la superficie de las muestras. Por otro lado, el aumento de la adsorción de agua con el contenido de Li₂O se comprobó visualmente por la formación de capas húmedas superficiales para tiempos prolongados de exposición al aire.

En la fig. 3 se ha representado la evolución con el tiempo de la conductividad de las muestras a 25 °C. Puede apreciarse una pequeña disminución de la conductividad de los geles 5.1, 5.2 y 5.3. El gel 5.4 presenta una disminución más marcada que puede corresponder a la propia naturaleza de la muestra, como se comentará más adelante. También se pudo comprobar que dicha disminución se hace más brusca al aumentar la temperatura de medida, como se puede esperar para atmósferas sucesivamente más anhidras por efecto del calentamiento.

En la fig. 4 se muestra la conductividad de los geles en función del tiempo a 25 °C en atmósfera de aire seco (valores correspondientes al primer arco de impedancia). En atmósfera de aire seco se puede considerar como mayoritaria la contribución de la conductividad volumétrica a la conductividad total. En dicha figura se observa una disminución de la conductividad respecto a los resultados obtenidos en aire (fig. 3). Esto se explica por el efecto del P₂O₅ que absorbe progresivamente la humedad del aire contenido en el dispositivo de medida. Así, después de 18 h los valores de conductividad llegan a disminuir en uno o dos órdenes de magnitud respecto a los registrados después de 6 min. En tales condiciones, el número de especies conductoras del agua adsorbida por los geles se reduce drásticamente.

Los resultados de conductividad en función del tiempo (primer arco) obtenidos a 25 °C en atmósfera de aire húmedo

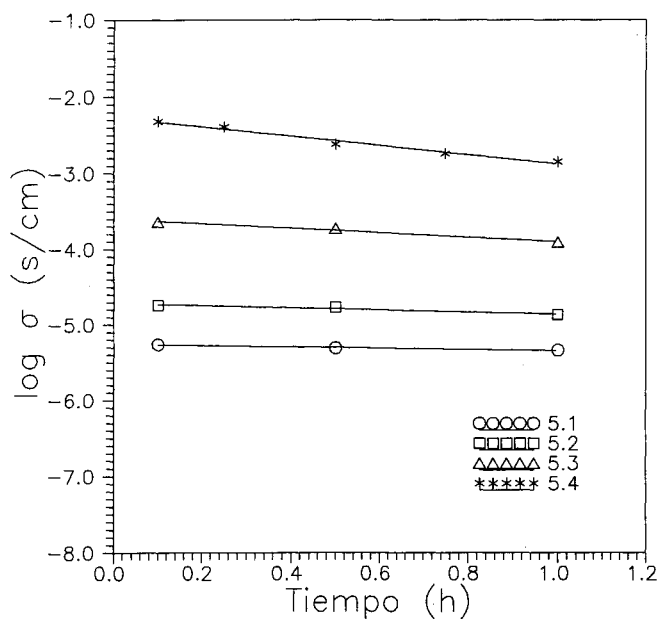


Fig. 3. Conductividad eléctrica de las muestras estudiadas en función del tiempo a 25 °C.

se recogen en la fig. 5. Se puede observar un aumento de la conductividad superficial de los geles 5.1, 5.2 y 5.3 de uno o dos órdenes de magnitud respecto a los resultados obtenidos en aire (fig. 3). Este aumento se debe a las especies conductoras del agua adsorbida en la superficie de los geles, proveniente de la atmósfera húmeda. Después de 30 min, la conductividad aumenta poco, lo que indica una progresiva saturación de agua. Cuando el tiempo de permanencia de los geles en el dispositivo de medida es muy prolongado, se

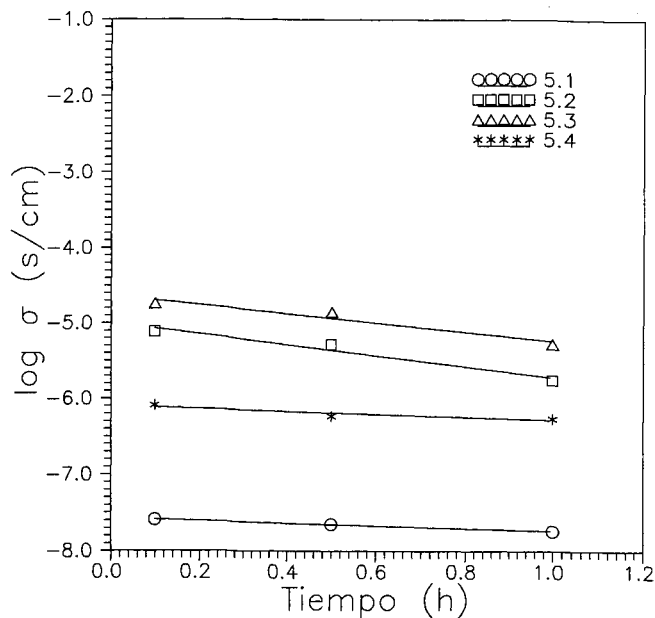


Fig. 4. Conductividad eléctrica de las muestras estudiadas en función del tiempo en aire seco a 25 °C.

observó la formación de películas húmedas superficiales. Es importante señalar que en los geles con los mayores contenidos de Li₂O, existe una gran tendencia a la segregación superficial de los iones Li⁺ en forma de sales (LiNO₃). Debido a esto no es posible obtener espectros de impedancia

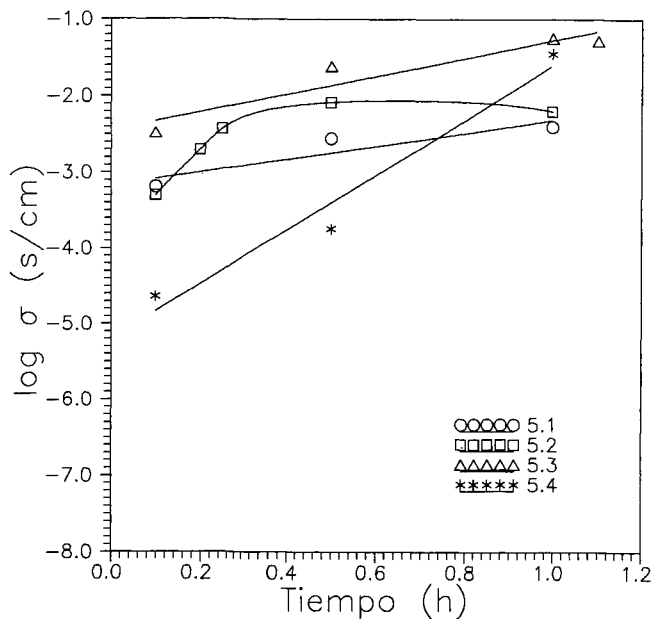


Fig. 5. Conductividad eléctrica de las muestras estudiadas en función del tiempo en aire húmedo a 25 °C.

después de 18 h en atmósfera de aire húmedo, ya que la superficie de las muestras queda completamente cubierta por una película húmeda que comienza a formarse después de la primera hora. Este hecho indica, por otro lado, que transcurrida 1 h los geles alcanzan su mayor grado de hidratación y, por lo tanto, sus mayores valores de conductividad superficial (10^{-2} - 10^{-1} s).

La muestra 5.4, con 20 moles % de Li_2O , presenta (fig. 5) un comportamiento algo diferente que el resto de los geles, con valores de conductividad inusualmente bajos. Estos resultados pueden explicarse en base a la formación de fases cristalinas que altera la distribución de los iones Li^+ en el material. Una vez que los iones Li^+ se preordenan en una red cristalina o se asocian con los iones H^+ para formar pares, dichos iones Li^+ y/o los iones H^+ precisan una mayor aportación energética para alcanzar los niveles de conductividad del resto de las muestras.

La fig. 6 presenta la conductividad de las muestra (primer arco) en función de su contenido de Li_2O para distintos tiempos, en atmósfera de aire seco. Como se ha indicado anteriormente, al aumentar el tiempo de la muestra en el dispositivo de medida, la conductividad disminuye como corresponde a una atmósfera progresivamente más seca, por efecto del P_2O_5 . Los pequeños valores de conductividad medidos después de 24 h ($\sim 10^{-8}$ s cm^{-1}) se pueden deber a una pérdida parcial de agua de las muestras: una vez que el P_2O_5 proporciona una atmósfera seca, éste puede absorber parte del agua superficial de los geles.

El aumento de conductividad observado tanto en atmósfera de aire seco como húmedo (figs. 6 y 7) en muestras con contenidos de Li_2O menores de un 15 % molar, se atribuye a la presencia creciente de los iones Li^+ y de especies conductoras del agua absorbida por los geles. Sin embargo,

a la cristalización de sales de litio. Desde temperaturas relativamente bajas (~ 500 °C) esta muestra presenta desvitrificaciones de meta y disilicato de litio ($\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ y $\text{Li}_2\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2$, respectivamente) (11). Por ello, es probable que la presencia de contenidos superiores a ~ 15 % molar de Li_2O origine una reorganización de los iones Li^+ distinta de la que poseen los geles con menor contenido de dicho óxido alca-

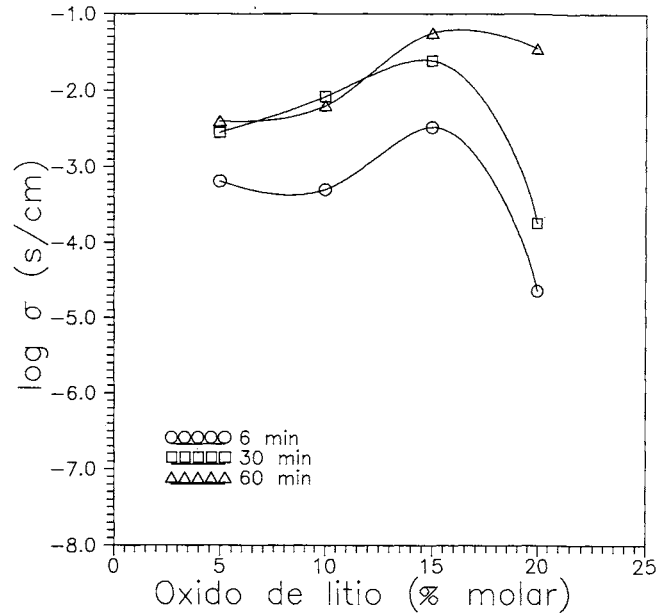


Fig. 7. Conductividad eléctrica de las muestras estudiadas en atmósfera de aire húmedo en función de su contenido de Li_2O a distintos tiempos.

lino. A su vez, esa reorganización previa de los iones Li^+ podría determinar una preestructura cristalina que dificulta la movilidad de las especies conductoras.

En cuanto a la influencia del tiempo de permanencia de las muestras en el dispositivo de medida (fig. 7), es importante señalar que se produce un aumento de la conductividad de un orden de magnitud tras los primeros 6 min. Después las diferencias detectadas son menores y pueden deberse a una saturación de agua en las muestras.

Según los resultados obtenidos y de acuerdo con el hecho de que la absorción de agua en los geles es un fenómeno reversible (12), el mecanismo de conducción de estas muestras a las temperaturas ensayadas depende de su contenido de agua. La conductividad en atmósfera de aire seco alcanza valores del orden de 10^{-8} s cm^{-1} , mientras que en aire húmedo puede llegar hasta 10^{-1} s. De acuerdo con las consideraciones de Hayri y Greenblatt (5) y puesto que las medidas se llevaron a cabo a baja temperatura (25 °C), se puede afirmar que la mayor contribución a la conductividad total es la debida a las especies conductoras derivadas del agua adsorbida superficialmente en las muestras, como sucede en otros geles de silicatos alcalinos (5, 8, 9). Aunque el contenido de agua de las muestras estudiadas no se ha evaluado cuantitativamente, en un trabajo anterior (11) se demostró mediante espectroscopía de infrarrojo próximo, su importancia en geles de la misma composición.

Independientemente de la presencia de agua adsorbida superficialmente, sin duda el porcentaje de Li_2O de los geles desempeña un papel importante (figs. 2, 6 y 7). Hay que tener en cuenta la posibilidad de un efecto combinado de los

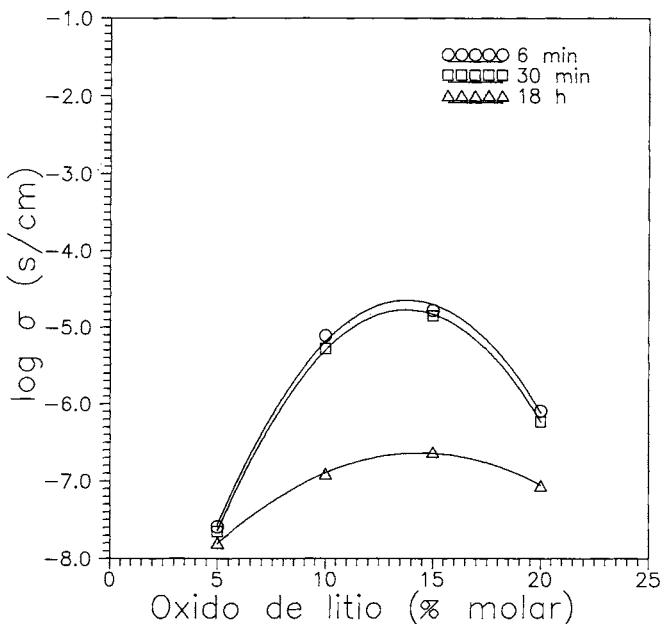


Fig. 6. Conductividad eléctrica de las muestras estudiadas en atmósfera de aire seco en función de su contenido de Li_2O a distintos tiempos.

el gel 5.4 (20 moles % de Li_2O) presenta una menor conductividad debido, como ya se ha apuntado, a la posible formación de pares asociados ($\text{Li}^+\text{-O-H}^+$) que dificultan la movilidad de las especies conductoras. Por otro lado, hay que tener en cuenta que el gel 5.4 posee una gran tendencia

iones Li⁺ y de las especies conductoras de agua para explicar el mecanismo de conducción de los geles del sistema Li₂O-SiO₂. Dicho efecto combinado podría consistir en un estímulo de las especies conductoras por parte de los iones Li⁺. De este modo, aunque los iones alcalinos no sean especies conductoras por sí mismas a las temperaturas ensayadas (9), pueden facilitar la movilidad del resto de las especies móviles.

4. CONCLUSIONES

Se ha demostrado que la conductividad eléctrica total de los materiales vítreos estudiados del sistema Li₂O-SiO₂, preparados por el procedimiento sol-gel, depende fundamentalmente del contenido de Li₂O de las muestras y de la humedad de la atmósfera.

Los resultados obtenidos en atmósfera de aire seco ($\sigma=10^{-5}$ - 10^{-8} s cm⁻¹) muestran que cuanto mayor es el tiempo de permanencia del material en un ambiente anhidro, más se inhibe el proceso de conducción. En atmósfera de aire húmedo la hidratación superficial de las muestras da lugar a un aumento importante de la conductividad ($\sigma=10^{-1}$ - 10^{-4} s). Por lo tanto el agua desempeña un papel importante en el mecanismo de conducción.

Tanto en aire seco como en húmedo, al aumentar el contenido de Li₂O de los geles (hasta un 15 % molar), aumentan los valores de conductividad. Para contenidos de Li₂O mayores, la conductividad disminuye. Esto puede deberse a una preestructuración cristalina y/o a la formación de pares asociados que dificultan la movilidad de las especies conductoras.

5. REFERENCIAS

1. Proc. 5th Int. Workshop on Glasses and Glass-Ceramics from Gels. *J. Non-Cryst. Solids* 121 (1990).
2. RAVAINÉ, D.; TRAORE, J.; KLEIN, L. C.; SCHWARTZ, I.: Electrical properties of Na₂O-SiO₂ dried gels. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 32 (1984) 139-144.
3. BOILOT, J. P.; COLOMBAN, Ph.: Sodium and lithium superionic gels and glasses. *J. Mat. Sci. Lett.* 4 (1985), 22-24.
4. RAVAINÉ, D.; SEMINEL, A.; CHARBOUILLOT, Y.; VINCENS, M.: A new family of organically modified silicates prepared from gels. *J. Non-Cryst. Solids*, 82 (1986), 210-219.
5. HAYRI, E. A.; GREENBLATT, M.: The preparation and ionic conductivity of sol-gels in the Li₂O-SiO₂ system. *J. Non-Cryst. Solids* 94 (1987) 387-401.
6. KLEIN, L. C.: Sol-gel processing of ionic conductors. *Solids State Ionics* 32-33 (1989), 639-635.
7. SAHA, S. K.; CHAKRAVORTY, D.: Conductivity relaxation in sol-gel derived glasses. *J. Phys. D.: Appl. Phys.* 23 (1990), 1201-1206.
8. WAKAMATSU, H.; SZU, S. P.; KLEIN, L. C.; GREENBLATT, M.: Effect of lithium salts on the ionic conductivity of lithium silicate gels. *J. Non-Cryst. Solids* 147-148 (1992) 668-671.
9. VILLEGAS, M. A.; FERNÁNDEZ NAVARRO, J. M.: Caracterización de geles 5R₂O.95SiO₂ mediante medidas de conductividad eléctrica y espectroscopía de infrarrojo próximo. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.* 26 (1987) 235-242.
10. VILLEGAS, M. A.; JURADO, J. R.; FERNÁNDEZ NAVARRO, J. M.: Dielectric properties of R₂O-SiO₂ glasses prepared via sol-gel. *J. Mat. Sci.* 24 (1989), 2884-2890.
11. VILLEGAS, M. A.; FERNÁNDEZ NAVARRO, J. M.: Alkaline silicate glasses prepared via sol-gel. *Proc. 1st. Int. Workshop on Non-Cryst. Solids*. Ed. M.D. Baró y N. Clavaguera. World Scientific, Philadelphia (1986) 433-440.
12. VILLEGAS, M. A.; FERNÁNDEZ NAVARRO, J. M.: Vidrios del sistema Li₂O-SiO₂ preparados por la técnica sol-gel. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.* 28 (1989) 169-178.
13. ORGAZ, F.; RAWSON, H.: Characterization of various stages of the sol-gel process. *J. Non-Cryst. Solids* 82 (1986), 57-68.



Castellón / ESPAÑA

III World Congress On Ceramic Tile Quality

NUEVOS PRODUCTOS Y TECNOLOGÍAS DE ESMALTES Y PIGMENTOS CERÁMICOS

SU FABRICACIÓN Y UTILIZACIÓN



Precio: Socios SECV 4.000. No socios: 5.000

INDICE

Capítulo I	Características especiales de los sistemas vítreos aplicables a la producción de nuevos esmaltes cerámicos. <i>J. Ma. Rincón</i>	13
Capítulo II	Nuevos procesos en la fabricación de pigmentos cerámicos. <i>G. Monrós, J. Canla, M. A. Tena, P. Escribano, J. Alarcón</i>	39
Capítulo III	Problemáticas reológica y fabricación cerámica: reológica aplicada a los esmaltes. <i>A. Ravaglioli</i>	49
Capítulo IV	Estimación del coeficiente de expansión térmica de fritas y esmaltes cerámicos. <i>J. L. Amorós, A. Belda, E. Ochandío, A. Escardino</i>	63
Capítulo V	Pigmentos rojos con elementos de transición o tierras raras para cerámica de alta temperatura. <i>Dr. R. Olazuaga</i>	93
Capítulo VI	Vidriados y Pigmentos. <i>F. P. Glasser</i>	111
Capítulo VII	Principales aditivos para la preparación y aplicaciones de esmaltes cerámicos: características e influencias sobre el comportamiento reológico, con referencia en particular a los ciclos rápidos de cocción. <i>P. Prampolini, Ceramico Spa., Italia</i>	121
Capítulo VIII	Reología de suspensiones de esmaltes cerámicos. <i>P. Blanchart</i>	129
Capítulo IX	Introducción a la colorimetría. <i>V. Climent y J. Pérez Carpinell</i>	143
Capítulo X	Enfoques actuales en la búsqueda de pigmentos cerámicos. <i>J. Carda, G. Monrós, M. A. Tena, P. Escribano, V. Cantavella y J. Alarcón</i>	165
Capítulo XI	La producción de vidriados por aplicación en seco. <i>F. Ambri, Montegibbio, Italy</i>	183
Índice de autores	199
Índice de materias	201

presentación

La Ley de Reforma Universitaria establece ya en su preámbulo que la Universidad es un bien social, es decir, un Servicio más de la Sociedad que la crea, por tanto es ésa la que debe arbitrar los mecanismos oportunos para orientar, controlar y evaluar las actividades que en ella se realicen.

La mencionada ley establece que los profesores universitarios, entre las diversas labores que su actividad universitaria abarca, tienen «el derecho y el deber de investigar». La piedra angular del éxito o fracaso de la Investigación y el Desarrollo en la Universidad, es disponer de grupos de trabajo de calidad, con los medios económicos necesarios para llevarla a cabo y es en este punto donde radican, en la mayor parte de los casos, las dificultades para desarrollar una investigación de calidad.

Es de sobra conocido la desconexión existente entre el mundo universitario y el empresarial. No se trata de buscar culpables sino que habría que arbitrar los mecanismos de colaboración necesarios para reorientar, si fuera necesario, las investigaciones que en la Universidad se están realizando, atendiendo a las necesidades del mundo empresarial dado el vertiginoso avance de la Ciencia y la Tecnología.

La colaboración entre la Universidad y la Empresa sería altamente beneficioso para la Universidad no sólo porque puede representar una fuente de financiación adicional sino también acceso a medios no disponibles, intercambio de ideas con profesionales ajenos al mundo universitario, conocimiento de la demanda social, aplicación de los resultados de investigación, abordar problemas reales saliendo de los puros teoricismos hacia los que se puede estar tentado, etc...

Desde el punto de vista de la Empresa, las ventajas podrían ir encaminadas hacia el estudio y tratamiento de los problemas que tengan planteados, el enriquecimiento con ideas y metodologías nuevas, la formación en un entorno próximo de plantillas especializadas en las técnicas y métodos que demanda la Empresa y la actualización de la formación universitaria de su propia plantilla.

No obstante, conviene señalar que la Universidad no debe caer en la tentación de convertirse en una «Oficina de Proyectos». Los temas que a ella se le encomienden deberían tener un mínimo de creatividad e innovación, tanto en proyectos a medio plazo como a largo plazo y no concebirla para resolver problemas puntuales e inmediatos.

El libro titulado «Nuevos Productos y Tecnologías de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos», que tengo el honor de prologar, nace fruto de la colaboración entre la Universidad y la Empresa. Su contenido es de alta calidad científica y de gran aplicabilidad industrial. En su elaboración han intervenido científicos de gran renombre internacional y la temática se ha orientado de cara a satisfacer las inquietudes de las empresas del sector cerámico, concretamente, en la profundización del conocimiento en los campos de los esmaltes y los pigmentos. Es un buen ejemplo de cómo hay que caminar, para, en definitiva, prestar un mejor servicio a la Sociedad.

Purificación Escribano López
Profesora Titular de Química Inorgánica
Universitat Jaume I de Castelló

Nuevos Productos y Tecnologías de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos

Editores científicos: **J. Ma. RINCÓN, J. CARDA y J. ALARCÓN**

Co-editan:

Faenza Editrice Ibérica y Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
CASTELLÓN