

Observación de variaciones eléctricas y magnéticas en las capas límites interfaciales de soluciones de NaCl y CuCl₂ en tubos de vidrio*

Delfín Moronta^{1**} *Carlos Gago*¹, *Alvaro J. Pardey*² y *Jesús Salazar*¹

¹*Escuela de Física, Centro de Resonancia Magnética y* ²*Escuela de Química, Facultad de Ciencias, U.C.V.*

Recibido: 30-06-03 Aceptado: 30-07-03

Resumen

Se reportan medidas de absorción de microondas por soluciones electrolíticas de NaCl y CuCl₂, contenidas en un tubo de vidrio de 1mm de diámetro interno, localizado en el interior de una cavidad de microondas. Se midieron las potencias de las ondas reflejadas detectándose la esperable variación exponencial de la impedancia de la cavidad al cambiar la concentración de los electrolitos. Sin embargo, sobrepuesto a dicho comportamiento, se encontraron variaciones debidas, según nuestra hipótesis, a los dipolos eléctricos y magnéticos de capas límites formadas entre el fluido y el vidrio.

Palabras clave: Capas límites; soluciones iónicas.

Observation of electrical and magnetical changes in the boundary layers of NaCl and CuCl₂ solutions in a glass tube

Abstract

Microwave absorption by electrolytic solutions contained in the interior of a 1mm internal diameter tube, located in the

interior of a microwave cavity, are reported. The reflected wave power was measured, and the expected exponential variation obtained when the electrolyte concentration was changed. However, overimposed to this behavior, it was found variations due, as our hypothesis indicate, to the electrical and magnetical dipoles formed in the boundary layers between the fluid and the glass.

Key words: Boundary layers; ionic solutions.

1. Introducción

Como parte de la implementación de un método de estudios de materiales me-

dante absorción de microondas (1, 2), se ha comenzado la línea de investigación en fluidos y soluciones. El caso que presentamos trata de soluciones electrolíticas en reposo,

* Trabajo presentado en el Segundo Congreso Venezolano de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, del 2000.

** Autor para la correspondencia. E-mail: dmoronta@fisica.ciens.ucv.ve

y se intenta analizar las respuestas de las mismas frente a la incidencia de microondas. Actuándose sobre los dipolos eléctricos y magnéticos que se forman en el sistema, y comparando la respuesta con diferentes iones solvatados, se espera obtener parámetros que definan el estado del sistema. Poco se ha encontrado en la literatura reciente sobre esta temática, en todo caso, presentamos una situación en que las técnicas de absorción de microondas, hacen una contribución importante.

2. Montaje Experimental

Las soluciones electrolíticas se prepararon en un beaker de 1 litro con agua bidestilada al cual, montado sobre un agitador magnético, se le incorporó un medidor de concentraciones y una termocupla. Un sistema de bombeo lleva el fluido hasta el tubo de vidrio de un milímetro de diámetro interno localizado en el interior y concéntrico a una cavidad de microondas cilíndrica que oscila en el modo (3) TE_{011} . Las sales estudiadas en este trabajo, NaCl y $CuCl_2$, son de la casa Merck, con pureza del 99%, las concentraciones de los iones (mg/L), fueron medidos con una precisión de 0,5%.

Las mediciones de la potencia de la onda reflejada de la cavidad fueron realizadas incrementando la concentración de la solución, dejando que se homogeneizara y bombeando posteriormente al tubo de pruebas, donde se dejó estabilizar la temperatura. Esta aumenta debido al calentamiento por la microonda incidente en la solución acuosa. Antes de cada medida se drenó 20 cc de la nueva concentración para asegurar que no quedaban restos de la anterior. La temperatura del ambiente se mantuvo constante a $25^{\circ}C \pm 1$. Las mediciones se realizaron en diferentes ocasiones con diferentes "stocks" de las sales, y preparados nuevamente con agua bidestilada. Además, en ocasiones se realizaron las medidas diluyendo en vez de concentrando las soluciones, encontrándose similares resultados cada vez.

3. Resultados y Discusión

La solución en el tubo de pruebas, en el interior de la cavidad, se expone a las microondas, dejándose que incidieran a frecuencia fija en el rango de 9,5 GHz hasta estabilizarse la temperatura. Una fracción de la onda incidente se refleja de la cavidad midiéndose su potencia. Repitiendo el proceso para una serie de concentraciones de la solución, se obtiene el resultado mostrado en la Figura 1. Se puede apreciar el comportamiento exponencial esperable para la absorción de microondas en un sistema acuoso, en el cual se incrementa el número de iones disueltos. Las desviaciones de las medidas de este promedio, son significativamente mayores que el error de medición (Figuras 2 y 3).

Los cambios en la respuesta de una cavidad de microondas en la cual se mantienen constantes la temperatura y el volumen de la muestra (factor de llenado), se deben a cambios de impedancia de la misma. En nuestro caso, al incrementar la concentración de las sales disueltas, varía uniformemente la acción de los dipolos eléctricos de

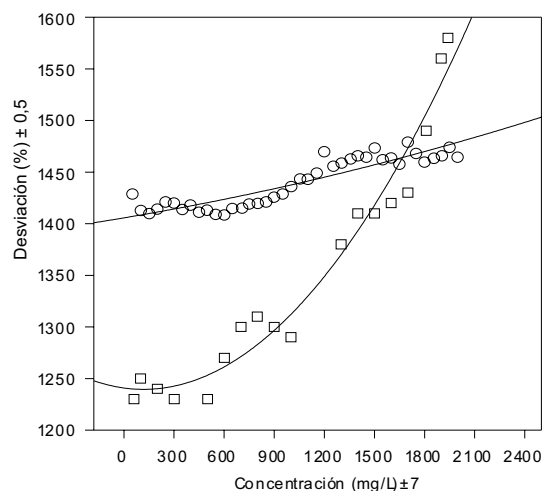


Figura 1. Medida de la potencia de la microonda reflejada de la cavidad para los casos de NaCl (O) y $CuCl_2$ (□) a diversas concentraciones de las soluciones acuosas.

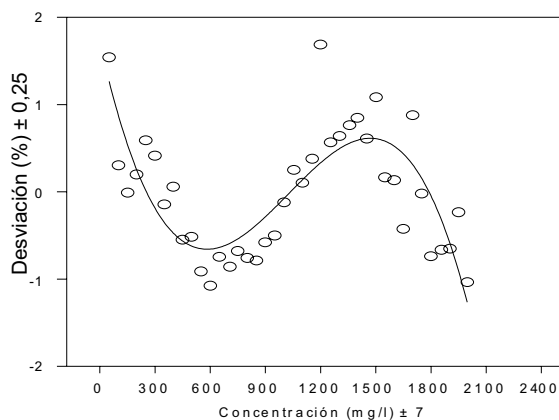


Figura 2. Desviaciones porcentuales de la medida promedio de la potencia de la microonda reflejada mostrada en la Figura 1. Estas desviaciones para el NaCl corresponden a la aparición de dipolos eléctricos ordenados cuyos efectos se corresponden.

los iones solvatados, y en el caso de la sal de CuCl_2 , se añade la acción de los dipolos magnéticos.

La hipótesis más aceptable para explicar el comportamiento oscilatorio con la concentración, sobrepuesto a la variación exponencial, es que se trata de un fenómeno de interacción líquido-sólido, entre las capas límites "boundary layers" de las soluciones iónicas y las paredes del tubo. Efectivamente, un modelo usado por los electroquímicos (4, 5), da pie para pensar que a medida que se incrementa la concentración, las paredes interiores del tubo se cubren con capas de iones solvatados de manera ordenada. La dirección de los dipolos eléctricos y magnéticos van alternándose en capas sucesivas para mantener una relación energética entre límites permisibles consistentes con la solución iónica. Inferimos como hipótesis que los máximos y mínimos observados, corresponden a la formación de capas límites de dipolos, y saturación del número de sitios disponibles a ellas.

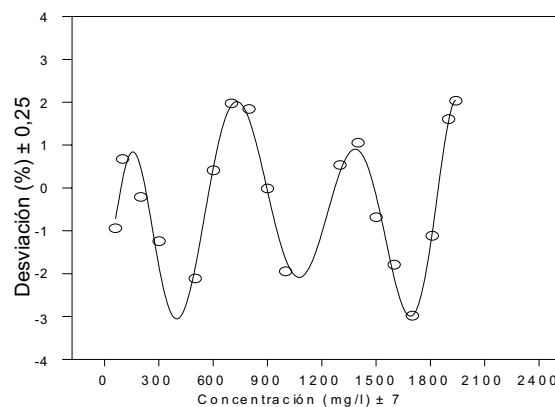


Figura 3. Desviaciones para el caso en que los dipolos magnéticos de CuCl_2 se ordenan y tienen un efecto claramente visible.

4. Conclusiones

Se ha encontrado evidencia de la formación de capas límites en la interfase líquido-sólido, en dos diferentes soluciones iónicas de prueba. Los cambios en la impedancia de la cavidad de microondas reflejan la forma con que a medida que se incrementa la concentración, se van acomodando los iones solvatados en las fronteras, de manera que se forman arreglos ordenados de dipolos. Dicho orden cambia de orientación con cada capa sucesiva, de manera de mantener una energía eléctrica y magnética dentro de límites aceptables por el sistema. El resto de los iones en la solución, están desordenados y presentan un comportamiento promedio que varía monótonamente con la concentración como se debe esperar. Este es uno de los resultados de un nuevo método de estudio de líquidos en equilibrio, mediante absorción de microondas desarrollado por nosotros.

Agradecimientos

Financiado por: Proyectos: ADNJ: (99-2); CDCH: (03.11.2799/92) y (AI. 03.12.4232.98).

Referencias Bibliográficas

1. MORONTA D. Método para medir sin contactos, las susceptibilidades magnéticas, las conductividades eléctricas y la profundidad de piel de metales no ferromagnéticos (Trabajo de ascenso), Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas (Venezuela), pp. 22-29, 1997.
2. SILVA P., MORONTA D., GAGO C. **Ciencia** 10(3): 253-258, 2002.
3. POOLE CHARLES P. **Electron Spin Resonance**, 2° edición, Cap. 5, Wiley and Sons, New York (USA), 1986.
4. COSTA J.M. **Fundamentos de Electróica**, Cap. 1,2,3. Editorial Alhambra, Madrid (España), pp. 1-84, 1981.
5. GILEADI E., KIROWA-EISNER E., PENCINER J. **Interfacial Electrochemistry**, (monograph) Addison Wesley Publishing Company, Inc. London, England, 1975.