



## Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas (AIACiMa)

### ¿La conductividad de soluciones?

Guía del maestro

#### OBJETIVOS

1. Guiar a los estudiantes en el descubrimiento del concepto de conductividad como una propiedad solo de soluciones que contienen iones como parte de su composición.
2. Guiar a los estudiantes en la clasificación de algunas sustancias como compuestos iónicos o moleculares.
3. Desarrollar en los estudiantes la capacidad para describir a nivel atómico o molecular lo que observan a nivel macroscópico.

**TÉCNICA:** Trabajo en grupo

**TIEMPO SUGERIDO:** 100 minutos

#### TRASFONDO

El flujo de corriente eléctrica involucra el transporte de carga eléctrica, por lo tanto, el hecho que algunas soluciones acuosas como por ejemplo de NaCl o HCl conduzcan electricidad, implica la presencia de especies con carga eléctrica en las mismas. Estas especies se conocen como iones y son los responsables de transportar la electricidad, a su vez, las sustancias que generan iones en solución se conocen como electrólitos. Una manera de medir que tan bien una solución conduce corriente eléctrica sería medir su resistencia sumergiendo dos electrodos en ella. Dado que esta resistencia depende de muchos factores como forma y área superficial de los electrodos, posición relativa de los electrodos, concentración e identidad química de los iones, y temperatura principalmente, las medidas de la misma se deben especificar como llevadas a cabo en una celda de  $1 \text{ cm}^3$  con electrodos de  $1 \text{ cm}^2$  de área y separados paralelamente  $1 \text{ cm}$ . La medida de la resistencia bajo estas condiciones se conoce como **resistividad** y se expresa en  $\text{ohm cm}$ . El recíproco de la resistividad se conoce como **conductividad** o conductancia específica,  $\rho$ , la cual se puede expresar en  $\text{mho cm}^{-1} = \text{siemens cm}^{-1}$  siendo esta última unidad la usada en el sistema internacional de medidas.

Todos los iones presentes en una solución participan en el proceso de conducción. El aporte a la conductividad por cada uno de ellos queda expresado al definir la **conductividad molar** ( $\kappa$ ) del electrolito (disuelto entre dos electrodos que distan entre sí un centímetro) por la siguiente ecuación

$$\Lambda = \sum \lambda_i$$

donde  $\lambda_i$  es la conductividad molar atribuible a un ión en específico (conocida también como movilidad del ión).

Es útil también establecer que  $\Lambda$  es numéricamente igual la conductividad específica dividida por la concentración molar ( $C_{st}$ ) del electrolito en la solución, o sea:

$$\Lambda = \frac{K}{C_{st}}$$

De la ecuación anterior se desprende que si  $C_{st}$  aumenta, la conductividad molar disminuye, esta tendencia se observa realmente en medidas de conductividad de soluciones de un electrolito a diferentes concentraciones, ¿cómo podría explicarse esta observación? ¿Qué ocurre cuando  $C_{st}$  tiende a cero?

En general, es importante reconocer que soluciones de electrólitos fuertes generaran valores de conductividad altos (pues estos se disocian prácticamente por completo cuando la cantidad de agua es suficientemente grande), electrólitos débiles por su lado, generaran valores bajos de conductividad (se disocian parcialmente) y no electrólitos no presentan conductividad.

Durante este experimento se prueban tres tipos de sustancias que se comportan de forma distinta al estar disueltas en agua. Compuestos iónicos, compuestos moleculares y ácidos moleculares.

## MATERIALES

Sistema CBL y calculadora TI-83 plus con cable conector

Sensor de conductividad

Soporte

Agarradera para sujetar el sensor de conductividad

Vasos de precipitados de 250-mL

Soluciones del grupo A:  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ , y/o  $\text{KCl}$

Soluciones del grupo B:  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  (ácido acético),  $\text{HCl}$  y  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (ácido bórico)

Soluciones del grupo C: agua destilada, agua de grifo y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (etanol)

Botella plástica con agua destilada

## PROCEDIMIENTO

El procedimiento está descrito en la guía del estudiante. A continuación se mencionan algunos aspectos que pueden ayudar al maestro cuando enseñe la actividad conductividad de las soluciones.

- 1 Se sugiere calibrar los sensores de conductividad utilizando la misma solución de NaCl provista por el fabricante y colocando el interruptor del sensor en la escala de 0 - 20 000 :S). De esta manera la comparación de resultados entre grupos sería más útil.
- 2 Las diferentes soluciones se deben preparar de antemano. Solución 0.050M de  $\text{CaCl}_2$  (5.55g de sal por litro de solución), NaCl 0.050M(2.93g de la sal por litro de solución),  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  0.050M (2.9 mL de ácido acético concentrado por litro de solución), HCl 0.050M (4.2 mL del ácido concentrado (37.7%) por litro de solución),  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.050M (3.09 g de ácido bórico sólido por litro de solución),  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  0.050M (2.9 mL de etanol (95%) por litro de solución).
- 3 Recuerde tomar las medidas de seguridad necesarias al preparar las soluciones.
4. No es necesario que todos los grupos de trabajo empiecen por las soluciones del grupo A. Pueden empezar con las soluciones del grupo B ó C, de esta manera se puede ahorrar tiempo y no necesitará un volumen muy grande de las soluciones.
5. Las unidades de conductividad del sistema internacional usadas en este experimento son microsiemens/cm (:S/cm) o simplemente :S si se usa dos electrodos separados entre si 1cm. Esto es valido para el sensor tipo Vernier.
6. Valores bajos de conductividad en el rango de 1 - 3 :S, se pueden medir colocando el interruptor del sensor en la escala de 0 - 200 :S y realizando nuevamente la calibración. Puede hacer esto de forma demostrativa y resaltar el hecho que el ácido bórico es un ácido sumamente débil que genera valores muy bajos de conductividad en solución.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

1. ¿Qué tienen en común las soluciones del grupo A? ¿Son los valores de conductividad de estas soluciones consistentes con tus predicciones? Explica.
2. ¿Qué tienen en común las soluciones del grupo B? ¿Son los valores de conductividad de estas soluciones consistentes con tus predicciones? Explica.
3. ¿Qué tienen en común las soluciones del grupo C? ¿Son los valores de conductividad de estas soluciones consistentes con tus predicciones? Explica.

Cada una de estas preguntas fomenta la discusión de los estudiantes entorno al tipo de sustancias utilizadas. De la misma puede resultar una clasificación en electrólitos (débiles y fuertes) y no electrólitos o en sustancias iónicas y moleculares. Las ecuaciones químicas del proceso de disolución serán de importancia para explicar los

valores observados en términos de la cantidad de iones presentes en la solución. Aunque todas las soluciones tienen la misma concentración (0.050M), tanto el número de moles de iones que cada sustancia genera en agua como su movilidad varía sustancialmente. Algunos resultados se dan en la siguiente tabla<sup>1</sup> pero estos pueden cambiar dadas las condiciones particulares de su experimento, sin embargo la tendencia debe ser similar.

Solución	Conductividad (:S)
A - CaCl <sub>2</sub>	9362
A - NaCl	5214
A - KCl	-
B - HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	461
B - HCl	17330
B - H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0
C - agua destilada	0
C - agua de grifo	20-1500
C - CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	0
C - glicol de etileno	0

## REFERENCIAS

<sup>1</sup> Holmquist D. D., Randall J. And Volz D. L. (1998). *Chemistry with CBL.. Chemistry Experiments using Vernier Sensors with TI graphing Calculators and the CBL System*, Vernier Software, 3<sup>a</sup> ed. Portland.

Eaker C., and Scott K. *Science College Short Course*. Cayey University College, summer 1998.

Wright, M. R.; Harris, K. D. *Journal of chemical education*, vol 75 No. 3 March 1998.



## Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas (AIACiMa)

### Actividad: La conductividad de soluciones

**Preparada por:** Nelson Granda y Jaime García

### Propósito

En esta actividad, vas a explorar la propiedad de conductividad eléctrica que presentan algunas soluciones de electrolitos. Para ello, Utilizarás un sensor de conductividad que al sumergirse en la solución, indicará la magnitud en que esta conduce la corriente eléctrica. La unidad de conductividad que utilizaremos es el microsiemens ( $\mu\text{S}$ ). ¿Qué implica que una solución conduzca corriente eléctrica? ¿Por qué conduce? ¿Conducen todas las soluciones de igual manera? De no ser así, ¿a qué se deben las diferencias?

### Equipo y materiales

- CBL
- Calculadora gráfica
- Sensor de conductividad
- Soporte
- Agarradera para sujetar el sensor de conductividad
- Vaso de análisis de 250 mL
- Botella plástica y agua destilada
- Papel de seda libre de pelusa
- Soluciones del grupo A:  $\text{CaCl}_2$  (cloruro de calcio) 0.05 M,  $\text{NaCl}$  (cloruro de sodio) 0.05 M y  $\text{KCl}$  (cloruro de potasio) 0.05 M
- Soluciones del grupo B:  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  (ácido acético) 0.05 M,  $\text{HCl}$  (ácido clorhídrico) 0.05 M y  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (ácido bórico) 0.05 M
- Soluciones del grupo C: agua destilada, agua de grifo,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  (etanol) 0.05 M y  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  (glicol de etileno) 0.05 M

### Procedimiento

1. Conecta el sensor de conductividad al canal 1 del CBL. Ubica el interruptor del sensor en la posición 0 –20,000  $\mu\text{S}$ . Coloca el sensor en una agarradera y sujeta ésta al soporte. Utiliza el cable adecuado para conectar la calculadora gráfica al CBL.

- Enciende la calculadora y corre el programa CHEMBIO con las siguientes instrucciones:

Opción (MAIN MENU):	Instrucción
SET UP PROBES	1 <input type="button" value="ENTER"/>
ENTER NUMBER OF PROBES:	1 <input type="button" value="ENTER"/>
SELECT PROBE:	6 <input type="button" value="ENTER"/> (Conductivity )
ENTER CHANNEL NUMBER:	1 <input type="button" value="ENTER"/>
CALIBRATION:	1 <input type="button" value="ENTER"/> (Use stored)

Si en este paso prefiere seleccionar la opción de calibración PERFORM NEW, debe proceder a calibrar el sensor con la solución estándar provista por el fabricante u otra similar, siguiendo las instrucciones dadas en el folleto que acompaña al sensor. Si selecciona la opción de calibración manual (MANUAL ENTRY), puede utilizar los siguientes parámetros como referencia:

Intercept: 3316.174

Slope: -13,033

Selecciona H 0 - 20000 (MICS) del menú de conductividad.

Selecciona COLLECT DATA del menú principal y finalmente MONITOR INPUT para recoger datos.

- Haz predicciones sobre la conductividad de las soluciones del grupo A (son valores altos o bajos; son todos iguales o diferentes).

Predicciones – Grupo A

- Mide la conductividad de cada una de las soluciones del grupo A. Cuidadosamente sumerge el sensor de conductividad en cada solución hasta que los electrodos que se encuentran en el mismo queden completamente cubiertos de líquido. Agita suavemente la solución, sigue por 6-8 segundos la lectura que muestra la calculadora, cuando esta se estabilice, anota el valor de conductividad en la tabla de datos que se te provee.
- Antes de sumergir el sensor en la próxima solución, lava los electrodos con agua destilada y seca el exterior del sensor con papel de seda que no deje residuos.

6. Haz predicciones sobre la conductividad de las soluciones de los grupos B y C.

Predicciones – Grupo B

Predicciones – Grupo C

Repita el procedimiento anterior para medir la conductividad de las soluciones de estos grupos.

7. Al finalizar la recolección de datos oprime [+] para volver al menú principal y luego sal del programa oprimiendo 7  (QUIT).

### Preguntas de discusión

1. ¿Qué tienen en común las soluciones del grupo A? ¿Son los valores de conductividad de estas soluciones consistentes con tus predicciones? Explica.
2. ¿Qué tienen en común las soluciones del grupo B? ¿Son los valores de conductividad de estas soluciones consistentes con tus predicciones? Explica.
3. ¿Qué tienen en común las soluciones del grupo C? ¿Son los valores de conductividad de estas soluciones consistentes con tus predicciones? Explica.
4. La pureza del agua conocida como ultra-pura, se mide frecuentemente con detectores de conductividad. ¿Cree Ud. que medir esta propiedad es una buena prueba para establecer la pureza del agua? Explique.

Revisada por N. Granda (Agosto de 2004)

**TABLA DE DATOS**  
**ACTIVIDAD**  
**“CONDUCTIVIDAD DE LAS SOLUCIONES”**

<b>Solución</b>	<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}</math>)</b>
A – $\text{CaCl}_2$	
A – $\text{NaCl}$	
A – $\text{KCl}$	
B – $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	
B – $\text{HCl}$	
B – $\text{H}_3\text{BO}_3$	
C – agua destilada	
C – agua de grifo	
C – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
C – glicol de etileno	